



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO

**Dissertação de Mestrado**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NO PLANO  
DIRETOR URBANO DE PALMAS-TO**

**Aluno: Nilton Gabriel Regis Ribeiro**

**Orientador: Renato Torres Pinheiro**

**PORTO NACIONAL - TO - BRASIL  
MAR/2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO

**NILTON GABRIEL REGIS RIBEIRO**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NO PLANO  
DIRETOR URBANO DE PALMAS-TO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

**Orientador: Renato Torres Pinheiro**

**PORTO NACIONAL - TO - BRASIL  
MAR/2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- R484a Ribeiro, Nilton G.R.  
ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NO PLANO  
DIRETOR URBANO DE PALMAS-TO. / Nilton G.R. Ribeiro. – Porto Nacional,  
TO, 2019.  
70 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins  
– Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação  
(Mestrado) em Biologia, Ecologia e Conservação, 2019.  
Orientador: Renato Torres Pinheiro
1. Ecologia. 2. Áreas Verdes. 3. Florestas Urbanas. 4. Estudo da Paisagem  
Urbana. I. Título

**CDD 577**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

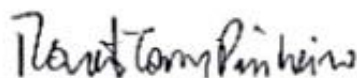
Nilton Gabriel Regis Ribeiro

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NO PLANO DIRETOR  
URBANO DE PALMAS-TO**

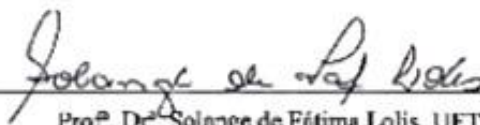
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 09/04/2019

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Renato Torres Pinheiro (Orientador), UFT



Prof. Dr. Solange de Fátima Lolis, UFT



Prof. Dr. Adão Francisco de Oliveira, UFT

Porto Nacional, 2019

**Dedico esse trabalho ao meu filho Jorge,  
razão da minha existência, fonte de  
inspiração e motivação para que eu trilhe o  
caminho.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, em especial minha mãe, por todo apoio e exemplo. Agradeço a todos os professores e colegas do PPGBEC, em especial a meu orientador Renato Torres, por todo aprendizado passado a mim.

Agradeço a Geomatica pelo suporte em relação às classificações supervisionadas e por ter cedido as imagens de satélite para que esse trabalho fosse realizado e a Fundação Municipal Do Meio Ambiente De Palmas por gentilmente ter cedido os shapes das AERIAS para a classificação.

E agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade de fazer ciência e dar minha contribuição à sociedade através da pesquisa.

## **RESUMO**

O processo de urbanização nas cidades é um fenômeno que ocorre em praticamente todos os países do mundo, causando diversas consequências como a perda de cobertura vegetal nativa através da modificação da paisagem por meio da ocupação do solo para a construção de infraestruturas urbanas. A perda da cobertura vegetal traz diversos problemas para a resiliência ambiental das cidades pois ela é responsável por diversos serviços ecossistêmicos que proporcionam o bem-estar da população. Dessa forma o planejamento urbano deve considerar a infraestrutura verde de uma cidade como um dos pilares para o equilíbrio ambiental. Nesse trabalho foi avaliada a perda de cobertura vegetal no Plano Diretor Urbano de Palmas entre o ano de sua fundação (1989) até o ano de 2018 através de uma análise multitemporal de imagens de satélites e categorização e quantificação dessas áreas por meio de softwares de SIG, além disso foi feita uma análise em relação as áreas urbanas protegidas para fins de conservação. Os resultados revelam uma perda de cobertura vegetal altamente significativa durante esse período, o que traz a necessidade de refletir como está sendo abordada a questão ambiental no município, que está inserido no Bioma Cerrado, onde ações de conservação da biodiversidade são extremamente necessárias por esse ser um dos cinco hotspots de biodiversidade no mundo.

## **Abstract**

The process of urbanization in cities is a phenomenon that occurs in practically all the countries of the world, causing diverse consequences as the loss of native vegetation cover by means of the modification of the landscape and the occupation of the ground for the construction of urban infrastructures. The loss of vegetation cover poses several problems for the environmental resilience of cities because it is responsible for several ecosystem services that provide the population's well-being. In this way urban planning must consider the green infrastructure of a city as one of the pillars for environmental balance. In this work the loss of vegetation cover in the Plano Diretor Urbano de Palmas between the year of its foundation (1989) and the year 2018 was evaluated through a multitemporal analysis of satellite images and categorization and quantification of these areas through GIS software , in addition an analysis was made regarding protected urban areas for conservation purposes. The results reveal a loss of highly significant vegetation cover during this period, which brings the need to reflect how the environmental issue is being addressed in the municipality, which is inserted in the Cerrado Biome, where biodiversity conservation actions are essential for this being one of the five biodiversity hotspots in the world.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURA

Figura 1: plano diretor destacado de amarelo e sua localização.....	14
Figura 2 Processo de seleção do Plano Diretor Urbano de Palmas a partir das imagens de satélite Landsat 5 e 8: a) imagem original, (b) imagem sobreposta com o shape da área de estudo e (c) área de estudo extraída.....	15
Figura 3 imagem comparativa entre a combinação de banda falsa cor b3,b4 e b5(a) e a cor verdadeira (b) representativa do plano diretor urbano de palmas .....	16
Figura 4: imagens representando as respostas espectrais de cada classe de uso e cobertura do solo no plano diretor urbano de palmas. Em a) cor verdadeira da imagem lansat e b) respostas espectrais de cada classe analisada.....	21
Figura 5 Imagem Classificada e categorizada do ano de 1989.....	28
Figura 6: imagem classificada e categorizada do ano de 1994.....	29
Figura 7: imagem classificada e categorizada do ano de 1999.....	30
Figura 8: imagem classificada e categorizada do ano de 2004.....	31
Figura 9 imagem classificada e categorizada do ano de 2009.....	32
Figura 10: imagem classificada e categorizada do ano de 2014.....	33
Figura 11 : imagem classificada e categorizada do ano de 2018.....	34
Figura 12: Comparação das áreas destinadas as AAP's entre os anos de 2009 e 2018.....	39
Figura 13: comparação das áreas destinadas as avu's entre os anos de 2009 e 2018.....	40
Figura 14: Locais onde serão destinadas novas quadras nas arsos destacados nos quadriláteros azuis .....	45



## SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Referencial Teórico .....	7
2.1	Áreas Verdes.....	7
2.1.1	Definição.....	7
2.2	Uso de geotecnologias para análise de uso e ocupação do solo. ....	8
2.2.1	Conceituação das geotecnologias.....	9
2.2.2	Série histórica Landsat e composição de bandas.....	10
3	Material e Métodos.....	13
3.1	Área de estudo .....	13
3.2	Banco de Imagens .....	14
3.2.1	Escolha das Imagens .....	14
3.2.2	Composição de bandas escolhidas .....	15
3.3	Software utilizado para o geoprocessamento das imagens.....	16
3.4	Classificação supervisionada .....	17
3.5	Classes de uso do solo .....	18
3.5.1	Vegetação.....	19
3.6	Áreas especiais de relevante interesse ambiental no Plano Diretor urbano de Palmas.....	21
3.6.1	Áreas Ambientalmente Protegidas – AAPs.....	22
3.6.2	Áreas Verdes Urbanas – AVUs.....	22
3.7	Classificação e categorização das Áreas especiais de relevante interesse ambiental no Plano Diretor urbano de Palmas.....	23
3.8	Análises estatísticas .....	23
3.8.1	Análise estatística de acurácia.....	23
3.8.2	Teste Anova.....	24
3.8.3	Correlação de Pearson.....	24
4	Resultados .....	26
4.1	Análise Multitemporal de uso do solo .....	26

4.2	Áreas Florestais de Cerrado .....	35
4.3	Cerrado Típico .....	35
4.4	Áreas Antropizadas .....	36
4.5	Correlação entre as classes.....	36
4.6	Áreas Ambientalmente Protegidas – AAPs .....	38
4.7	Áreas Verdes Urbanas – AVUs .....	39
5	Discussão.....	41
5.1	Cobertura Vegetal Total.....	41
5.2	Cerrado Florestal.....	43
5.3	Cerrado Típico .....	44
5.4	Áreas de Relevante Interesse Ambiental .....	45
6	Considerações Finais.....	48
7	Referencias .....	49

Qualquer árvore que queira tocar os céus precisa ter raízes tão profundas a ponto de tocar os infernos. (Jung, Carl)

## 1 Introdução

O crescimento urbano está ocorrendo a uma taxa sem precedentes em todo o mundo. Aproximadamente 65% da população mundial deverá residir em áreas urbanas em 2025 (ZHOU; WANG, 2011). Essa forma de ocupação do solo aumentou drasticamente em razão do crescimento populacional em praticamente todo o mundo, tanto em países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento (USLU e SHAKOURI, 2013), sendo responsável pela conversão de uma grande quantidade de áreas verdes em superfícies impermeáveis, o que ocasiona efeitos prejudiciais ao meio ambiente (BYOMKESH; NAKAGOSHI; DEWAN, 2011) e causa transformações nos padrões da paisagem, através da mudança do uso e cobertura do solo (HOU; HU; HE, 2014), exigindo mais espaço e mais terras para que as atividades sociais e econômicas sejam transformadas em infraestrutura pública, habitação, usos industriais e comerciais (WENG, 2007).

As modificações do uso da terra durante o crescimento urbano geralmente ocorrem a longo prazo e muitas vezes vão se intensificando com o passar do tempo (MCKINNEY, 2005). Normalmente, os efeitos da urbanização são mais duradouros que outros tipos de alteração do habitat, por serem ao mesmo tempo severos e amplamente difundidos (BRADEY e ALTIZER, 2006). Em se tratando de meio ambiente, a urbanização altera as propriedades bióticas e abióticas do ecossistema de diversas formas (GRIMM et al., 2008), promovendo efeitos significativos, diretamente através do crescimento da área urbana e indiretamente através das necessidades de consumo e da poluição gerada pelos moradores das cidades (MCDONALD; KAREIVA; FORMAN, 2008). Esses efeitos incluem alterações do habitat, perda e fragmentação da vegetação natural, alteração dos fluxos de recursos, aumento da temperatura local e a degradação da qualidade do ar e da água (TRATALOS et al., 2007).

Entre os principais efeitos causados pela supressão da cobertura vegetal nos ambientes urbanos podemos destacar a impermeabilização do solo, erosão, poluição sonora e do ar, perda da qualidade da água dos mananciais, formação de ilhas de calor (GOMES; QUEIROZ, 2011). Dessa forma a artificialidade do meio urbano interfere diretamente na qualidade de vida da população, alterando a sensação de conforto das pessoas, pois além

de ser uma estratégia de redução de danos ambientais, a cobertura vegetal tem importância em diversos aspectos como histórico, cultural, social, estético e paisagístico (SANCHOTENE, 1994).

A urbanização também destrói e degrada os ecossistemas naturais existentes, levando a reduções da riqueza e diversidade de espécies e mudanças na composição da biodiversidade local (LINTOTT et al., 2015), sendo um dos principais fatores que causam a extinção de espécies e promovem a homogeneização biótica, por estar intimamente associada a duas características que facilitam esses processos que se referem a introdução de espécies exóticas e fornecimento de um habitat favorável para o seu estabelecimento (MCKINNEY, 2005). Outra causa do processo de crescimento urbano é o distanciamento entre pessoas e a natureza, um fenômeno que se torna cada vez mais importante, pois influencia no conceito do indivíduo sobre a importância da conservação da biodiversidade (WANG et al., 2007).

Além disso, a perda dos serviços ecossistêmicos promovidos pela expansão urbana é um dos fatores que influenciam diretamente na qualidade de vida dos habitantes de uma cidade. Nas áreas urbanas uma das formas de maximizar a qualidade de vida e manter os serviços ecossistêmicos operando satisfatoriamente se dá através da conservação de áreas verdes e dos fragmentos florestais urbanos (KADIR; OTHMAN, 2012). Nas cidades, a arborização pode ser considerada um dos pilares da sustentabilidade, pois desempenha diversas funções no equilíbrio urbano, proporcionando benefícios ecológicos, além de serviços ambientais, sociais e econômicos (QUINTAS; CURADO, 2009). Devido a esses atributos que amenizam as consequências negativas da urbanização, a presença de áreas verdes urbanas é justificada por interferir diretamente na qualidade de vida dos moradores, razão pela qual cada vez mais, sua importância vem sendo debatida por diversos pesquisadores (BARGOS; MATIAS, 2011).

Em relação aos benefícios proporcionados pela presença de áreas verdes nas cidades, podemos citar a melhora do microclima, principalmente por meio da evapotranspiração das árvores, a influência na velocidade e direção dos ventos, sombreamento, redução das poluições atmosférica, sonora e visual, abrigo para fauna além de propiciar função recreativa e aproximar o homem e a natureza (ROCHA; LELES; OLIVEIRA NETO, 2004) (BARROS; VIRGILIO, 2003) (ROSSATTO; TSUBOY; FREI, 2008).

Do ponto de vista da conservação, no meio urbano a biodiversidade fica restringida a espécies mais tolerantes e adaptadas a condições adversas da cidade (CABRAL; PEREIRA; CRUZ, 2012), sendo que os fragmentos florestais urbanos e áreas verdes são considerados como ilhas de biodiversidade (FERREIRA, 2012), principalmente quando sua composição vegetal prioriza o uso de espécies nativas (BOVO, 2012). Essa forma de conservação *ex situ* tem grande importância para a biodiversidade local e o uso nas áreas verdes de mudas com alta variabilidade genética e também de espécies nativas ameaçadas de extinção são uma forma complementar de conservação da natureza (ISERNHAGEN; BOURLEGAT; CARBONI, 2009).

O rápido processo de urbanização que ocorreu na maioria dos países menos desenvolvidos no último século foi responsável pela transformação da atual conjuntura de ocupação espacial urbana nessas regiões. Apesar de ter sido um processo global, as mudanças foram mais evidentes nos países da América Latina e no Brasil em particular (WAGNER; WARD, 1980).

A falta de políticas públicas efetivas de ordenação do crescimento das cidades repercutem na perda de cobertura vegetal no ambiente urbano. As modificações nos padrões de ocupação do solo das cidades brasileiras ocorreram a partir da década de 70, sofrendo intensas mudanças sociais e ambientais devido a rápida expansão urbana (OLIVEIRA, 2014). Os dados do Censo de 1970 registraram pela primeira vez, que a população rural tinha sido superada pela urbana (BRITO; PINHO, 2012). A causa desse processo foi o crescimento da industrialização e a modernização da agricultura, que impulsionou o êxodo rural (CANO, 1989). Outra característica desse processo foi a ocupação do interior do país. Durante séculos o Brasil se instalou ao longo de sua extensa costa atlântica e o interior do país era somente para estabelecer direitos territoriais e reivindicações sobre recursos naturais (COSTA; MONTE-MÓR, 2013). Como consequência dessa ocupação, se intensificaram as transformações do uso do solo no Cerrado Brasileiro.

O Cerrado se tornou um dos biomas mais ameaçados do mundo e um dos cinco hotspots de biodiversidade da América do Sul (BROOKS et al., 2006), tendo sua cobertura vegetal reduzida em mais de 50% nas últimas quatro décadas (SANO et al., 2010), enquanto a taxa de urbanização na região aumentou em mais de 100% (AZEVEDO et al., 2011). A situação dos municípios inseridos no bioma Cerrado está de acordo com o que os autores caracterizam de urbanização acelerada, que tem como características a rápida transferência da população do campo para os espaços urbanos (CHAVEIRO, 2010).

Vale ressaltar que, as construções de Goiânia e Brasília, o desmembramento do estado de Mato Grosso e por fim, a divisão de Goiás em 1989, sendo criado o estado do Tocantins, foram fundamentais para o processo de urbanização do Cerrado, e que resultaram na conformação de um espaço urbano dinâmico nessa região, embora tenham ocorrido em momentos diferentes (MOYSÉS; SILVA, 2008). Outro fator foi a adoção de políticas de desenvolvimento e investimentos em infra-estrutura entre 1968 e 1980. A construção de rodovias permitiu a ocupação do espaço e a expansão da agricultura comercial no Cerrado, sendo a agricultura uma das maiores responsáveis pela perda de biodiversidade nesse bioma (NEPSTADJ et al., 1997).

No Tocantins, a construção de Palmas, que teve como objetivo sediar a administração do recém-criado estado, estabeleceu uma hierarquização urbana na região central do país, que proporcionou um novo paradigma urbano de modernidade no antigo norte goiano (CARVALHÊDO; LIRA, 2009). Ainda que tem sido planejada dentro de uma perspectiva humanístico-ecológica (TEIXEIRA, 2009), na prática, sua implantação ocorreu com a supressão e fragmentação de áreas de vegetação nativa e a implantação de espécies arbóreas exóticas ao Cerrado (ADORNO e FIGHERA, 2005) afetando negativamente a diversidade biológica (REIS et al., 2012) e o microclima local (PAZ, 2009).

Em seu plano diretor básico ficou definido que as áreas verdes dos fundos de vale seriam preservadas e que cada quadra habitacional teria um percentual de áreas verdes não edificantes, com o intuito de proporcionar um ambiente mais agradável e com melhor qualidade de vida para a população (TEIXEIRA, 2009). De acordo com a legislação municipal as áreas verdes constituem zonas especiais de interesse ambiental do município, por sua qualidade ambiental e social (PALMAS, 2015). Essas zonas se referem às áreas de preservação e proteção, a cobertura vegetal que acompanha os córregos urbanos, não são apenas as faixas naturais que limitam o crescimento da cidade, mas estruturam um sistema de espaços livres, fundamental para sua qualidade ambiental do município (COCOZZA et al., 2009).

A cidade de Palmas é uma área com uma concentração populacional significativa comparada aos outros municípios de sua região, o seu crescimento demográfico é bastante elevado, sendo uma das capitais brasileiras que mais cresceram demograficamente nos últimos anos (IBGE, 2016). A cidade foi planejada para receber a estrutura administrativa do recém-criado estado do Tocantins, por meio de políticas desenvolvimentistas por parte

do governo federal, para melhorar as condições sociais e econômicas dessa região. Dessa forma, o crescimento urbano tornou-se inevitável, e como consequência, diversos efeitos negativos tornaram-se evidentes, entre eles os danos ambientais ocasionados pela redução na quantidade de cobertura vegetal na cidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2016)

Esses fatores, associados às características climatológicas do município, onde ocorrem elevados índices de temperatura e baixa umidade, torna cada vez mais necessário avaliar a função que as áreas verdes desempenham, não sendo possível a execução do planejamento urbano sem levar em consideração as questões socioambientais (MACHADO et al., 2010). Outra característica do município de Palmas é a sua inserção no bioma Cerrado, onde as estratégias de conservação da biodiversidade se fazem imperativas pois esse é um dos biomas mais ameaçados do mundo. De acordo com a Lei nº 10.257/2001, art. 2º, XII, a preservação do meio ambiente está contida nas diretrizes que orientam a política urbana, devendo considerar a conservação dos remanescentes de vegetação nativa, porém na maioria dos casos, a proteção à biodiversidade não é uma prioridade e dificilmente consegue ter a sua importância levada em consideração quando entra em conflito com os interesses imobiliários (GANEM, 2008).

Entre as ferramentas para análise do processo de expansão urbana e, conseqüentemente, a redução da cobertura vegetal, destaca-se o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, pois a coleta de dados, a edição de mapas digitais complexos e informações espaciais, se tornaram tarefas acessíveis e ágeis na sua realização, se tornando de importância inestimável para a análise espacial, proporcionando para o usuário várias facilidades em seus estudos, possibilitando uma maior confiabilidade e precisão das informações (LEITE; ROSA, 2006). As técnicas de geoprocessamento auxiliam na gestão dos espaços urbanos, resultando em dados sobre a organização territorial, que são extremamente úteis quando aliados ao estudo da relação entre sociedade e natureza. Nesse sentido essa visão integradora ajuda na criação de projetos de desenvolvimento urbano e nos processos de tomada de decisões dos gestores (FARINA, 2006).

O presente estudo, teve como objetivo demonstrar a amplitude nas mudanças no uso e ocupação do solo no Plano Diretor da cidade de Palmas, mapeando e quantificando as alterações na cobertura vegetal e áreas urbanizadas, por meio da análise multitemporal da



paisagem urbana, desde a sua criação até os dias atuais. Esse estudo também faz uma análise das zonas de interesse ambiental definidas no atual Plano Diretor Urbano de Palmas, através da categorização das diferentes classes de uso do solo nessas áreas, visando quantificar e analisar se estão sendo realmente protegidas pelo poder público.

A cidade de Palmas, por ser jovem e por ter sido a última capital planejada do Brasil, serve de modelo para a compreensão das dinâmicas nas transformações da paisagem urbana de outras cidades mais antigas, onde as características de uso da terra já foram estabelecidas há muito tempo. Com os resultados esperados desse trabalho será possível compreender como o processo de urbanização está relacionado com a perda de cobertura vegetal, podendo ser utilizado para uma melhor gestão dos espaços livres da cidade.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Áreas Verdes

#### 2.1.1 Definição

É importante definir conceitualmente área verde, por não ser consenso entre os pesquisadores do assunto. Os termos áreas verdes, espaços livres, áreas de lazer, são utilizados como sinônimos, quando não são necessariamente (BRAGOS; MATIAS, 2011). Cavalheiro e Nucci (1998) diz, se o elemento fundamental de composição do espaço livre urbano for a vegetação, este pode ser considerado área verde. Essa ideia corrobora com Lima (1994) que diz:

“Espaço livre é o conceito mais abrangente, que integra os demais, contrapondo-se dos espaços construídos em áreas urbanas e área verde é onde há a predominância de vegetação arbórea, que englobam as praças, os jardins públicos e os parques urbanos.”

Llarden (1982), também faz a distinção entre espaços livres e áreas verdes e ainda inclui uma outra categoria mais abrangente que é os sistemas de espaços livre:

“Sistemas de espaços livres: Conjunto de espaços urbanos ao ar livre destinados ao pedestre para o descanso, o passeio, a prática esportiva e, em geral, o recreio e entretenimento em sua hora de ócio.

Espaço livre: Quaisquer das distintas áreas verdes que formam o sistema de espaços livres

Zonas verdes, espaços verdes, áreas verdes, equipamento verde: Qualquer espaço livre no qual predominam as áreas plantadas de vegetação, correspondendo, em geral, o que se conhece como parques, jardins ou praças.”

Apesar de concordar que o termo espaço livre é mais abrangente que áreas verdes, Cavalheiro (1982), enfatiza que o termo espaço livre deveria ser preferido ao uso de área verdes, pelas diversas definições que são dadas a esse termo. Contrapondo essa ideia, Milano (2006) não utiliza o termo espaços livres, dividindo essas áreas urbanas em duas categorias: Áreas verdes, como basicamente uma atividade paisagística urbana, diferenciando de arborização das ruas, que segundo o autor depende de um planejamento mais complexo.

Nesse trabalho para melhor caracterização do objeto de estudo, o termo área verde estará de acordo com o que Milano propõe, e será incluído os termos utilizados pela Secretaria de Planejamento de Palmas (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2016) que são áreas verdes não edificantes (praças, jardins) e áreas verdes de acompanhamento viário (canteiros centrais, rotatórias, estacionamentos, alamedas/ruas).

## **2.2 Uso de geotecnologias para análise de uso e ocupação do solo.**

As Geotecnologias transformaram a performance do processo de criação de mapas destinados às mais diversas finalidades, possibilitando a execução de tarefas que eram feitas manualmente e nos dias atuais são digitalizadas por meio de softwares e hardwares, gerando mapas cada vez mais elaborados, mais detalhados e com maior precisão cartográfica (ALMEIDA; SANTOS; CHAVES, 2011). De acordo com Silveira, Ribeiro e Santos (2015) essas tecnologias revolucionaram o monitoramento do uso do solo, em função de poder processar uma grande quantidade de dados de diferentes fontes, de forma simultânea.

Além das características de agilidade no processamento, a constante atualização desses dados tem se tornado indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso do solo (VAEZA et al., 2010). De acordo com Leite e Rosa (2006), esse conhecimento agregado com monitoramento do uso e ocupação da terra são essenciais para o entendimento das dinâmicas de organização do espaço. É importante ressaltar que o grande interesse no uso desse tipo de tecnologia em análises de ocupação do solo provém justamente dessa temporalidade da informação ligado ao seu baixo custo (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011).

Diversas informações são obtidas através do mapeamento de uso e ocupação do solo como o nível de conservação ou artificialização de um determinado local (ALVES; CONCEIÇÃO, 2015) Através desse mapeamento é possível identificar e quantificar as diversas classes de uso e cobertura do solo, permitindo analisar as características naturais do território e as influências antrópicas (TAURA et al., 2010). Essa identificação e quantificação também se estabelece como elemento para estudos ambientais, no que se refere aos agentes responsáveis pelas transformações das condições ambientais de um determinado local sendo necessário considerar também a forma que um determinado espaço está sendo ocupado (BRAZ et al., 2016).

O sensoriamento remoto combinado ao SIG permite sistematização e análise dos padrões de uso de solo com alto índice de confiança (LEITE; BRITO, 2012) e quando relacionado à metodologia tradicional, permite a distinção dos componentes de uma região com maior velocidade e menor custo (SILVA; GIONGO; NEVES, 2016). Porém as dificuldades no uso de geotecnologia em ambientes urbanos são proporcionais ao nível de detalhamento desejado para cada estudo (CORREIA et al., 2007).

### **2.2.1 Conceituação das geotecnologias**

As geotecnologias são uma gama de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações geográficas sendo compostas por hardware, software e peopleware, dentre as quais podemos citar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia (ROSA, 2005). Nesse estudo apesar de ser usado indiretamente todas essas tecnologias, focaremos na conceituação de sensoriamento remoto e geoprocessamento através de software de SIG, pois são as mais importantes para a análise temporal de cobertura vegetal.

Sensoriamento remoto pode ser definido como uma técnica de aquisição de imagens dos componentes da superfície terrestre sem que haja um contato físico entre o sensor e o objeto (MENESES, 2012). De acordo com Moraes (2012), estas técnicas englobam a detecção, aquisição e interpretação da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas pelos sensores remotos possibilitando a produção de imagens. Essas imagens de sensores remotos são obtidas a partir de várias plataformas, como satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTs), entre outros (SHIRATSUCHI et al., 2014).

O termo geoprocessamento está relacionado com os conceitos de utilização de dados espaciais em sistemas computadorizados, por meio de acessórios denominados Sistemas de Informações Geográficas - SIG's, que são uma coleção de "ferramentas" com a funcionalidade de obter, armazenar, recuperar, transformar e transmitir informações espaciais (CAMARA, 1998). Alba (2015) cita as vantagens do SIG e faz uma comparação com os antigos modelos cartográficos, enfatizando as qualidades desse sistema:

“Em um SIG, o mundo real é estruturado segundo níveis de informação digitais (modelo numérico), ajustados a um sistema único de coordenadas, permitindo sua integração por meio de algoritmos lógicos, estatísticos e matemáticos. O processo pode ser comparado com o de sobreposição de mapas em material transparente, para visualização simultânea, como era realizado antigamente.

### 2.2.2 Série histórica Landsat e composição de bandas

Desde 1972, os satélites Landsat têm continuamente adquirido imagens espaciais da superfície terrestre, fornecendo dados que servem como recursos valiosos para a pesquisa de uso do solo. De acordo com a USGS (2018) quando o Landsat 5 foi lançado em 1984, ninguém poderia prever que o satélite continuaria a fornecer dados globais de alta qualidade da superfície terrestre. Durante 28 anos, os satélites Landsat 4 e 5 possibilitaram uma grande transformação nas geotecnologias, pois até então os sensores a bordo dos Landsats 1, 2 e 3 era o Scanner Multiespectral (MSS), que coletava dados com uma resolução de 79 metros em quatro bandas espectrais, variando do verde visível até o infravermelho próximo, o Landsat 4 e o Landsat 5 também transportaram o MSS, juntamente com o sensor Thematic Mapper (TM). O sensor TM incluiu bandas adicionais na parte infravermelha de ondas curtas (SWIR) do espectro; resolução espacial de 30 metros para as bandas visíveis, possibilitando uma melhor precisão nos estudos. Em 11 de fevereiro de 2013 foi lançado ao espaço o satélite Landsat 8, com novos sensores: o sensor espectral OLI (Operacional Land Imager) e o sensor infravermelho termal TIRS. Ocorreu uma melhoria nas resoluções espectral e radiométrica (ZANETTI et al., 2015). As novas características desses sensores foram de grande importância para a análise de imagens. O sensor OLI por possuir resolução espacial de 15 m no Pancromático e de 30 m no Multiespectral, possibilitou a aquisição de imagens de 15 m, aumentando o leque de estudos, considerando as mudanças e inovações à resolução radiométrica, que estão quantificadas numa faixa dinâmica de 16 bits (SOARES et al., 2015).

As imagens provenientes do Landsat 5 e 8 são compostas de bandas espectrais, que é o intervalo entre dois comprimentos de onda, no espectro eletromagnético (Tabelas 1 e 2). De acordo com a United States Geological Survey (2018), empresa responsável pela operação da série histórica Landsat, os dados do projeto suportam uma vasta gama de aplicações em diversas áreas, as aplicações de cada banda do Landsat 5 e 8 também estão presentes nas tabelas a seguir.

TABELA A: BANDAS ESPECTRAIS LANDSAT 5

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Aplicação</b>
(B1) azul	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30 m	Análise da relação solo e vegetação
(B2) verde	0.52 - 0.60 $\mu\text{m}$	30 m	Avaliações de vigor de plantas.
(B3) vermelho	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$	30 m	Identificação do tipo de vegetação; solos e características urbanas
(B4) infravermelho próximo	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$	30 m	Análise de vegetação;
(B5) infravermelho médio	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$	30 m	Teor de umidade de vegetação
B6) infravermelho termal	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$	120 m	Mapeamento da temperatura do solo
B7) infravermelho médio	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$	30 m	Detecção de queimadas
(B8) pancromático	0.52 - 0.90 $\mu\text{m}$	15 m	Imagens multiespectrais

FONTE: USGS

TABELA B: BANDAS ESPECTRAIS LANDSAT 8

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Aplicação</b>
(B1) costal	0.433 - 0.453 $\mu\text{m}$	30 m	Áreas costeiras e observações de águas rasas
(B2) azul	0.450 - 0.515 $\mu\text{m}$	30 m	Avaliações de vigor de plantas.
(B3) verde	0.525 - 0.600 $\mu\text{m}$	30 m	Identificação do tipo de vegetação; solos e características urbanas
(B4) vermelho	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$	30 m	Análise de vegetação;

(B5)infravermelho próximo	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$	30 m	Teor de umidade de vegetação
(B7)infravermelho médio	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$	30 m	Detecção de queimadas
(B8) pancromático	0.500 - 0.680 $\mu\text{m}$	35 m	Imagens multiespectrais
(B9) cirrus	1.360 - 1.390 $\mu\text{m}$	30m	Detecção de nuvens

FONTE: USGS

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Área de estudo

A cidade de Palmas (Figura 1) está situada na região central do Estado do Tocantins e localizada no paralelo 10°11'04" Sul e do meridiano 48°20'01" Oeste. Fundada em maio de 1989, possui atualmente uma população estimada de 272.726 habitantes (IBGE, 2017), sendo a última cidade brasileira planejada no século XX. O clima na região é caracterizado por elevadas temperaturas, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, entre os meses de outubro a abril; e outra seca, entre os meses de maio a setembro. O índice pluviométrico varia de 1.500 a 1.900 mm/ano. A temperatura média anual é de 26 °C, sendo setembro o mês mais quente, com média máxima de 36 °C e julho o mais frio, com média mínima de 15,5 °C.

O Plano Diretor de Palmas tem limites bem definidos, situado entre o lago do Rio Tocantins e a da Serra do Lajeado, que estão alinhados paralelamente no sentido norte-sul, e entre os ribeirões Água Fria e Taquaruçu Grande, delimitando o desenho da área urbana, com capacidade para abrigar cerca de 1.200 mil habitantes. (CARVALHÊDO; LIRA, 2009). A Lei Complementar n. 155/2007, que foi debatida entre os anos de 2006 e 2007 e sancionada em dezembro de 2007, se refere ao Plano Diretor Participativo de Palmas (PDPP); sendo a lei que ordenou o crescimento e o desenvolvimento sustentável do município e estabeleceu a sua política urbana (CORIOLANO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2013). No ano de 2018 foi sancionada a lei complementar nº 400, sendo essa a revisão do antigo Plano Diretor, onde, dentre outras mudanças, ficaram estabelecidas as Áreas de Interesse Ambiental, através da criação do Sistema Municipal de Infraestrutura Verde – SisMIV, que consiste em redes multifuncionais de fragmentos vegetais (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2018).

A cidade de Palmas está inserida no Domínio Cerrado, e apresenta dentro do plano diretor quatro fitofisionomias Matas de Galeria, Cerradão, Cerrado sentido restrito típico denso e ralo. As matas de galerias acompanham os rios urbanos, estando inseridas dentro de áreas destinadas a proteção permanente da vegetação, os fragmentos de Cerradão se encontram praticamente em sua totalidade associados a capoeira e as demais



fitofisionomias completam a totalidade da vegetação no Plano Diretor de Palmas. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS, 2016).

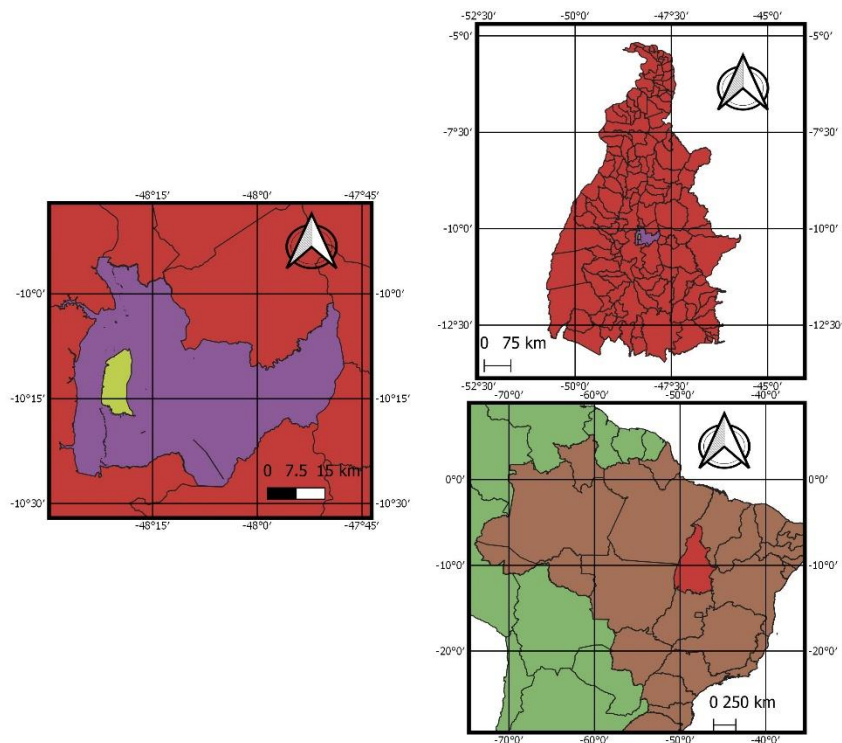


FIGURA 1: PLANO DIRETOR DESTACADO DE AMARELO E SUA LOCALIZAÇÃO

## 3.2 Banco de Imagens

### 3.2.1 Escolha das Imagens

Para realização do mapeamento do uso do solo do Plano diretor urbano de Palmas, foram utilizadas imagens de satélite e da série Landsat, do acervo do Land Viewer, disponíveis no endereço eletrônico: <<https://eos.com/landviewer/>>, onde foram escolhidas as imagens entre os meses julho e agosto, em função das melhores condições atmosféricas proporcionando imagens sem a presença de nuvens.

No total foram analisadas sete imagens que correspondem ao período anterior à criação da capital tocantinense até os dias atuais. As imagens dos anos de 1989, 1994, 1999, 2004 e 2009, são do satélite Landsat 5. As demais imagens que correspondem ao

ano de 2014 e 2018 são do Landsat 8. A utilização de imagens de dois satélites se deu em função do encerramento das atividades do satélite landsat 5. A escolha da série Landsat para este trabalho está relacionada com a facilidade de encontrar imagens históricas disponíveis gratuitamente na internet e também pela qualidade das imagens.

Para facilitar o processamento das imagens, foi feito um recorte da área de interesse a partir do *shape* do plano diretor urbano de Palmas, disponível no site da Secretaria de Planejamento Urbano de Palmas. O procedimento de extração da área de interesse foi feito com a ferramenta de extração através de camada máscara, assim, além de aumentar a velocidade do processamento da classificação do uso do solo, o tamanho da imagem foi reduzido, o resultado final do processo de extração encontra-se representado na Figura 2.

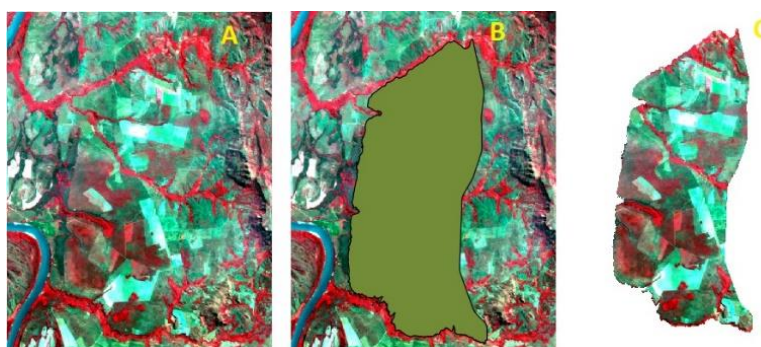


FIGURA 2 PROCESSO DE SELEÇÃO DO PLANO DIRETOR URBANO DE PALMAS A PARTIR DAS IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT 5 E 8: A) IMAGEM ORIGINAL, (B) IMAGEM SOBREPOSTA COM O SHAPE DA ÁREA DE ESTUDO E (C) ÁREA DE ESTUDO EXTRAÍDA

### 3.2.2 Composição de bandas escolhidas

Nesse trabalho usamos a combinação das bandas B3, B2 e B1 nas imagens Landsat 5, e B5, B4 e B3 nas imagens Landsat 8. No primeiro caso corresponde as bandas do vermelho, verde e azul, também como composição RGB ou cor verdadeira. Nas imagens obtidas através do Landsat 8, a combinação de bandas corresponde ao infravermelho próximo, vermelho e verde. Essa combinação facilita o estudo de vegetação, pois ela fica mais realçada em relação às áreas urbanas e solos expostos. Comparando essa combinação de bandas com a combinação de bandas que destaca a cor verdadeira (Combinação de bandas RGB), fica evidente a praticidade de se trabalhar o uso e ocupações do solo com essas bandas, mostrada na figura 3.



FIGURA 3 IMAGEM COMPARATIVA ENTRE A COMBINAÇÃO DE BANDA FALSA COR B3,B4 E B5(A) E A COR VERDADEIRA (B) REPRESENTATIVA DO PLANO DIRETOR URBANO DE PALMAS

Na combinação escolhida para esse trabalho com as imagens do Landsat 8, também chamada de falsa cor, a vegetação aparece em tons de vermelho, as áreas urbanas são azuis e os solos expostos variam de marrom claro a escuro. Esta é uma combinação de bandas amplamente utilizada em estudos de vegetação. Geralmente, vermelho-escuros indicam árvores maiores ou vegetação mais saudável, enquanto os vermelhos mais claros significam árvores de pequeno porte, o verde representa áreas com cobertura vegetal rasteira ou com pouca vegetação, as áreas urbanas densamente povoadas são mostradas em azul claro (LANDWIER, 2019).

### 3.3 Software utilizado para o geoprocessamento das imagens

No presente estudo foi utilizado o programa QGIS, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito e de código aberto, que permite aos usuários modificar suas propriedades, e é licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e disponibiliza um número de funcionalidades em constante aprimoramento através das funções nativas e de complementos.

A escolha do software de SIG QGIS para esse trabalho está relacionado a sua praticidade e por ser um programa gratuito. Além dessas características o programa foi

escolhido por conter diversas ferramentas e complementos para a análise de uso e ocupação do solo.

A versão utilizada nesse trabalho foi a versão QGIS Desktop 2.18.24, apesar de existirem versões mais recentes e com mais recursos e ferramentas, a escolha dessa versão se caracterizou por ser uma versão estável, ou seja, com diversas correções de problemas e erros que podem conter em versões em desenvolvimento.

### **3.4 Classificação supervisionada**

As técnicas de sensoriamento e SIG são utilizadas para obter dados detalhados do território urbano e com alta frequência temporal, possibilitando a análise de séries históricas de imagens que permitem uma análise espacial e temporal do processo de urbanização e de seus componentes (ALVES, 2003). Dentre essas técnicas, destacam-se para análise de uso e ocupação do solo a classificação supervisionada que pode ser definida como o processo no qual amostras de identidade conhecida são utilizadas para classificar pixels de identidade desconhecida (MÁXIMO; FERNANDES, 2005). Essa técnica de classificação de imagens é feita concedendo a cada pixel, ou conjunto de pixels da imagem, uma determinada classe de uso e cobertura do solo (MELO et al., 2017).

Os métodos de classificação são divididos em dois grupos: os supervisionados e os não supervisionados sendo a classificação supervisionada a que tem maior precisão. Para esse tipo de classificação é recomendado um conhecimento prévio das áreas e das formas de ocupação do solo que serão estudadas (VALE et al., 2018). A quantidade de classes a serem diferenciadas são definidas no começo do procedimento pelo usuário e o algoritmo irá agregar matematicamente as classes das amostras que foram pré-definidas e em seguida ao restante dos dados semelhantes, fornecendo a caracterização das amostras ainda não classificadas, sendo que o número de classes geradas será igual aquelas definidas pelo usuário a partir do processo de treinamento do algoritmo (HELENO, 2009).

Entre os principais algoritmos usados para a classificação supervisionada podemos citar o método do paralelepípedo que considera em uma área na forma de quadrado ou paralelepípedo ao redor da amostra de treinamento (SILVA; PEREIRA, 2007); o método

da distância mínima até a média que atribui cada pixel à classe cuja média é mais próxima dele, utilizando principalmente valores médios espectrais de classes distintas, ignorando valores de variância (CATTANI et al., 2013) e o método da máxima verossimilhança onde o algoritmo utiliza o conjunto de dados oriundo da coleta de pixels empregada para o treinamento das classes do mapa e cria uma distribuição normal de probabilidades dos valores de todas as bandas para cada classe (MOREIRA et al., 2006).

Dentre os algoritmos de classificação supervisionada foi escolhido o método da distância mínima, que, calcula a distância espectral entre o vetor de medida para o pixel candidato e a média para cada assinatura de classe, utilizando a medida de distância Euclidiana, tendo como vantagem que todos os pixels encontrarão uma média à qual estarão espectralmente mais próximos, e assim, não existirão pixels não-classificados (MENESES, 2012), a equação que representa esse algoritmo é representada a seguir:

$$D(x, n) = \sqrt{(x_i - m_i)^2}$$

Onde: x= pixel candidato; mi = média das classes; n = número de bandas

Para a classificação supervisionada e o pós processamento que inclui a vetorização e análise de precisão, foi utilizado o Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) que é um plugin de código aberto gratuito para QGIS que permite a classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. Ele fornece várias ferramentas para o download de imagens gratuitas, pré-processamento, pós-processamento e o cálculo de rasterização (CONGEDO, 2016).

### 3.5 Classes de uso do solo

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006), em seu Manual Técnico de Uso da Terra, os levantamentos de uso e cobertura do solo representam a distribuição espacial dos tipos de uso ou classes que podem ser identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Para a análise da dinâmica temporal de uso e ocupação do solo do Plano Diretor Urbano de Palmas, as áreas forem divididas nas seguintes classes: vegetação (Áreas florestais de Cerrado e Cerrado típico) e áreas antropizadas (áreas urbanizadas e solo exposto).

### 3.5.1 Vegetação

A interação da radiação solar com a vegetação se dá principalmente nas folhas, órgãos vegetais altamente especializados na absorção da radiação eletromagnética, onde ocorre o processo da fotossíntese (FONSECA, 2004). A assinatura espectral da vegetação, tem como fator principal as atividades fotossintéticas e os níveis pigmentares, que podem ser definidos como os principais fatores que controlam a reflectância foliar (SANTANA et al., 2018).

Para esse trabalho a classe vegetação foi subdividida em duas classes: Áreas florestais de Cerrado, que inclui as fitofisionomias mata de galeria e cerradão e Cerrado típico. A diferenciação dessas classes foi possível graças às diferentes respostas espectrais que cada uma dessas classes apresenta (Figura 4).

#### **Classe 1: Cerradão e Matas de galeria**

A mata de galeria é uma fitofisionomia que se caracteriza por ser a vegetação florestal que acompanha os pequenos rios e córregos do Brasil Central, formando corredores fechados sobre os cursos d'água (RIBEIRO; WALTER, 2017). Essa vegetação é tida como refúgios de florestas em locais predominadas por savanas, contendo espécies de diversos biomas como mata Atlântica, floresta Amazônica e das bacias do rio Paraná, e não estão entregues aos mesmos níveis de déficit hídrico e de queimadas como nas demais fitofisionomias do cerrado, pois o fogo normalmente extingue-se em sua borda (OLIVEIRA; FELFILI, 2005).

Ribeiro e Walter (2017), caracterizam o Cerradão como uma formação florestal do bioma Cerrado com características esclerófilas, sendo esse o motivo pelo qual é incluído no limite mais alto do conceito de Cerrado sentido amplo. Os cerradões são encontrados em pequenos fragmentos isolados ou em contato com outras fitofisionomias do Cerrado, sendo que fatores determinam o seu estabelecimento e podem estar relacionado a solos com maior fertilidade ou sendo resultado da supressão do fogo por muitos anos em áreas mais abertas de cerrado sentido restrito (RODRIGUES; ARAUJO, 2013).

**Classe 2: Cerrado típico**

Ribeiro e Walter caracteriza essa fitofisionomia pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. O cerrado típico ocorre sobre solos profundos, distróficos, bem drenados e em relevo plano a suavemente ondulado (predominantemente Latossolos). (GOMES et al., 2011). O Cerrado típico, é uma das fitofisionomias que compõem o conceito de Cerrado lato sensu, que pode ser considerado a parte mais característica do Bioma Cerrado (MEDEIROS; WALTER; SILVA, 2008).

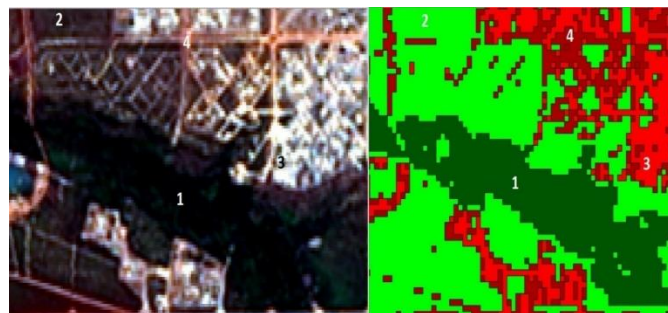
**Classe 3: Área urbanizada**

Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. O ambiente urbano por conter diversas classes em sua composição como o concreto, o asfalto, telhas, solos expostos e diversos tipos de vegetação, resulta em texturas e cores distintas, fazendo com que cada uma dessas classes tenham um tipo de interação com a energia eletromagnética, resultando respostas espectrais diferentes (LUCHIARI, 2001). É importante ressaltar que a maioria dessas classes praticamente não apresentam variação na sua resposta espectral.

**Classe 4: Solo exposto**

São áreas descobertas, desprovidas de cobertura vegetal, não naturais e que não estão incluídas como de uso agrícola (IBGE, 2016). Nesse estudo a classe solo exposto são áreas onde anteriormente havia a presença de vegetação e foram abertas para a implementação de infraestruturas urbanas.

As respostas espectrais de cada classe analisada e a imagem categorizada através da classificação supervisionada detalhando as áreas de cerrado florestal, cerrado típico, solo exposto e áreas urbanizadas são apresentadas na Figura 4.



- Classe 1 - Cerrado Florestal
- Classe 2 - Cerrado sentido restrito
- Classe 3 - Área urbanizada
- Classe 4 - Solo Exposto

FIGURA 4: IMAGENS REPRESENTANDO AS RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CADA CLASSE DE USO E COBERTURA DO SOLO NO PLANO DIRETOR URBANO DE PALMAS. EM A) COR VERDADEIRA DA IMAGEM LANSAT E B) RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CADA CLASSE ANALISADA

### 3.6 Áreas especiais de relevante interesse ambiental no Plano Diretor urbano de Palmas

As áreas de interesse ambiental estão descritas no Plano Diretor do Município de Palmas (Lei Complementar n. 400/2018), sendo definidas pelo Art. 93 do qual faz parte o Sistema Municipal de Infraestrutura Verde (Sismiv), descreve que, a infraestrutura verde consiste em:

*“redes multifuncionais de fragmentos vegetais, de preferência arborizados, com conectividade para restaurar o mosaico da paisagem, com o objetivo de preservar ou recompor os processos naturais e serviços ecossistêmicos que melhoram a qualidade de vida e propiciam maior resiliência aos ecossistemas urbanos e rurais”*,

O Sistema municipal de infraestrutura verde visa, buscar uma melhor gestão do patrimônio ambiental, respeitando as vocações e as características físicas, ambientais, sociais, econômicas, históricas e culturais de cada uma das áreas contempladas pelo Sistema e de seus respectivos entornos (PALMAS, 2018).

Dentre as áreas classificadas no Sistema municipal de infraestrutura verde se destacam as Áreas Ambientalmente Protegidas – AAPs e Áreas Verdes Urbanas – AVUs que estão englobados nas categorias das Áreas Especiais de Relevante Interesse Ambiental – AERIA’s, além dessas áreas, estão incluídas também os Corredores Verdes – CVs e as Áreas Ambientalmente Controladas – AACs.



### 3.6.1 Áreas Ambientalmente Protegidas – AAPs

As áreas classificadas como AAP's são: Parque Linear Urbano Água Fria; Parque Linear Urbano Brejo Comprido; Parque Linear Urbano dos Povos Indígenas; Prata; Entorno do Lago; Parque Linear Urbano Machado e os remanescentes vegetais das margens do Córrego Tiúba: remanescentes vegetais ao sul do Estádio Nilton Santos, em torno da margem do lago, atravessando a Avenida Teotônio Segurado; remanescentes vegetais e área encharcada à margem do lago e a leste do Setor Bertaville e os remanescentes vegetais às margens do córrego confrontante ao Loteamento Nova Flamboyant (PALMAS, 2018). Essas áreas são definidas no texto da lei complementar da seguinte forma:

“Art. 106. As Áreas Ambientalmente Protegidas - AAPs são espaços territoriais urbanos com seus recursos ambientais, criadas por iniciativa do Poder Executivo, com características de relevante valor e fragilidade ambiental, sendo compostas, em regra, pelos remanescentes florestais contíguos, às Áreas de Preservação Permanente - APPs, bem como por áreas com topografia acidentada próximas aos cursos d'água e áreas brejosas e encharcadas, com o objetivo de promover a conservação e estabilidade do solo, a recarga do aquífero e a proteção dos mananciais e da biodiversidade.”

### 3.6.2 Áreas Verdes Urbanas – AVUs

As AVUs são compostas de plantas e memoriais descritivos dos parcelamentos de glebas, praças; áreas verdes não edificantes; áreas verdes de preservação; áreas verdes do sistema viário; árvores imunes ao corte. As AAP's estão contidas nas AVU's, sendo que as áreas das AVU's são maiores e oferecem maior proteção ambiental, porém a exploração de suas áreas é mais permissível (PALMAS, 2018). As AVU's são definidas como:

Art. 108. As Áreas Verdes Urbanas – AVUs são espaços territoriais urbanos com seus recursos ambientais apresentando ou não cobertura vegetal nativa ou outras formas de vegetação, criadas por iniciativa do Poder Executivo Municipal e as indicadas e averbadas nas plantas e memoriais descritivos dos parcelamentos de glebas.

Art. 109. As AVUs destinam-se à preservação e conservação dos ecossistemas naturais, manutenção dos serviços ambientais, proteção dos recursos hídricos, melhoria da qualidade de vida, recreação e lazer, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens, manifestações culturais, e em casos específicos, voltadas à pesquisa.

O artigo que permite as explorações dessas áreas de maneira sustentável é o seguinte:

Art. 113. Nas AVUs será permitida a implantação de mobiliário e equipamentos comunitários para esporte, lazer e recreação, equipamentos necessários à sua segurança e equipamentos urbanos, além de ocupações que considerem seus atributos e vulnerabilidades físicas e bióticas e que não descaracterizem sua finalidade ambiental e paisagística.

### **3.7 Classificação e categorização das Áreas especiais de relevante interesse ambiental no Plano Diretor urbano de Palmas.**

Para esse estudo foram classificadas as áreas inseridas dentro dos limites do Plano Diretor de Palmas. Dessa forma, os corredores verdes por estarem junto a TO-010 e TO-020 não foram analisados. Da mesma forma as AAC's, pois a única área inserida na área de estudo é a UC do Papagaio Galego.

A categorização e classificação das AAP's e AUV's seguiram os mesmos procedimentos e métodos utilizados para a classificação multitemporal da cobertura vegetal, os shapes utilizados foram obtidos junto a Fundação Municipal do Meio Ambiente, após a quantificação das áreas foi feita uma análise de como essas regiões foram modificadas entre os anos de 2009 e 2018.

## **3.8 Análises estatísticas**

### **3.8.1 Análise estatística de acurácia**

A confirmação da precisão da classificação além de essencial deve ser compreendida como uma fase do trabalho a ser avaliada em função de suas características, sua determinação deve ser uma constante em qualquer dado produzido (LOBÃO; FRANÇA-ROCHA; SILVA, 2005). O processo utilizado nesse trabalho para a validação da acurácia da classificação supervisionada foi feito através do índice de Kappa, que realiza uma comparação entre as matrizes de pixels da classificação temática e os da

verdade terrestre, entre os vários métodos para esse tipo de análise. O índice Kappa é o mais recomendado por utilizar todas as células da matriz, ao invés de somente os elementos diagonais, garantindo a maior acurácia (TANGERINO; LOURENÇO, 2013). A fórmula que calcula esse índice é a seguinte:

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

Em que:

r = número de linhas na matriz;

X<sub>ii</sub> = número de observações no i-ésimo elemento diagonal principal

X<sub>i</sub> e X + i = totais marginais da linha i e coluna i, respectivamente

N= número total de observações

TABELA C: ESCALA ELABORADA POR LANDIS & KOCK PARA INTEPRETAÇÃO DO ÍNDICE DE KAPPA

<b>Kappa</b>	<b>Interpretação</b>
< 0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21-0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61- 0,8	Muito Boa
0,81- 1,00	Excelete

### 3.8.2 Teste Anova

Para analisar se a perda de cobertura vegetal foi significativa, a análise ideal é uma ANOVA, isso porque há diferentes comparações de médias (composto por 4 diferentes variáveis), o nível de significância utilizado foi de p < 0,05.

### 3.8.3 Correlação de Pearson

O objetivo dessa análise é observar se existe correlação significativa (seja forte ou fraca), entre as diferentes variáveis. Essa medida pode explicar conjuntamente como duas

ou mais variáveis podem estar respondendo conjuntamente ou antagonicamente a um mesmo efeito ao longo do tempo. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) é uma medida de associação linear entre variáveis. Sua fórmula é a seguinte:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left( \frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

O coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) varia de -1 a 1. O sinal positivo ou negativo indica a direção da correlação e o valor sugere a intensidade dessa relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o valor de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. Em oposição a isso, uma correlação de valor nulo (zero) indica que não há relação linear entre elas (PARANHOS et al., 2014).

## 4 Resultados

### 4.1 Análise Multitemporal de uso do solo

Foram obtidos sete mapas temáticos, com a projeção da Universal Transversa de Mercator (UTM), datum planimétrico WGS 1984 (World Geodetic System 1984), da cobertura e uso da terra do Plano Diretor Urbano de Palmas no estado do Tocantins, correspondente aos anos de 1989, 1994, 1999, 2004, 2009, 2014 e 2018 (Figura 5). Para efeito de validação do mapeamento foram coletados em campo 50 pontos amostrais, posteriormente utilizados para o cálculo do coeficiente de kappa, onde se encontrou o valor de 0,83, considerado uma amostra excelente de acordo com a escala elaborada por Landis & Kock (1977), (Tabela C).

Durante o período de estudo (1989-2018) percebe-se uma profunda alteração na paisagem, onde os espaços verdes são substituídos por áreas urbanizadas (Figura 5). Da área total mapeada (1.0328,72 ha), atualmente restam um pouco mais de 37% de cobertura vegetal nativa, sendo 6,05% correspondente ao Cerrado Florestal e 31,73% de Cerrado Típico, ou seja, passados 30 anos desde o início do processo de urbanização, aproximadamente 78% da área do Plano Diretor Urbano de Palmas já foi modificada pela ação humana (Tabela D). O processo de perda da cobertura vegetal e modificação da paisagem do Plano Diretor variou consideravelmente ao longo dos últimos 30 anos, havendo uma redução altamente significativa da cobertura vegetal ( $p < 0,001$ ).

TABELA D: ÁREAS (HA) E PORCENTAGEM DE OCUPAÇÃO DE CLASSE ANALISADA NO ESTUDO

Classes	Ano	1989		1994		1999		2004		2009		2014		2018	
		Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cerrado Florestal		1380,04	13,36	766,06	7,41	761,86	7,37	711,22	6,88	634,94	6,14	630,00	6,09	625,46	6,05
Cerrado Típico		6089,35	58,95	4212,42	40,78	4010,74	38,83	3912,51	37,87	3344,81	32,38	3302,36	31,97	3278,21	31,73
Urbanização		0	0	3465,88	33,55	3822,69	37,01	4015,28	38,87	4712,97	45,62	4787,39	46,35	4817,11	46,63
Solo Exposto		2859,32	27,68	1884,35	18,24	1733,42	16,78	1689,72	16,35	1635,98	15,83	1608,96	15,57	1607,93	15,56
<b>ÁREA TOTAL</b>		10328,73	100	10328,73	100	10328,72	100	10328,73	100	10328,73	100	10328,73	100	10328,73	100

Em 1989 (Figura 6), período anterior ao início das obras de construção da nova capital, a classe “área urbanizada” todavia não existia. Neste local havia vias não pavimentadas, construções rurais e áreas de solo exposto que ocupavam em torno de 27% da área de estudo (Tabela 4).

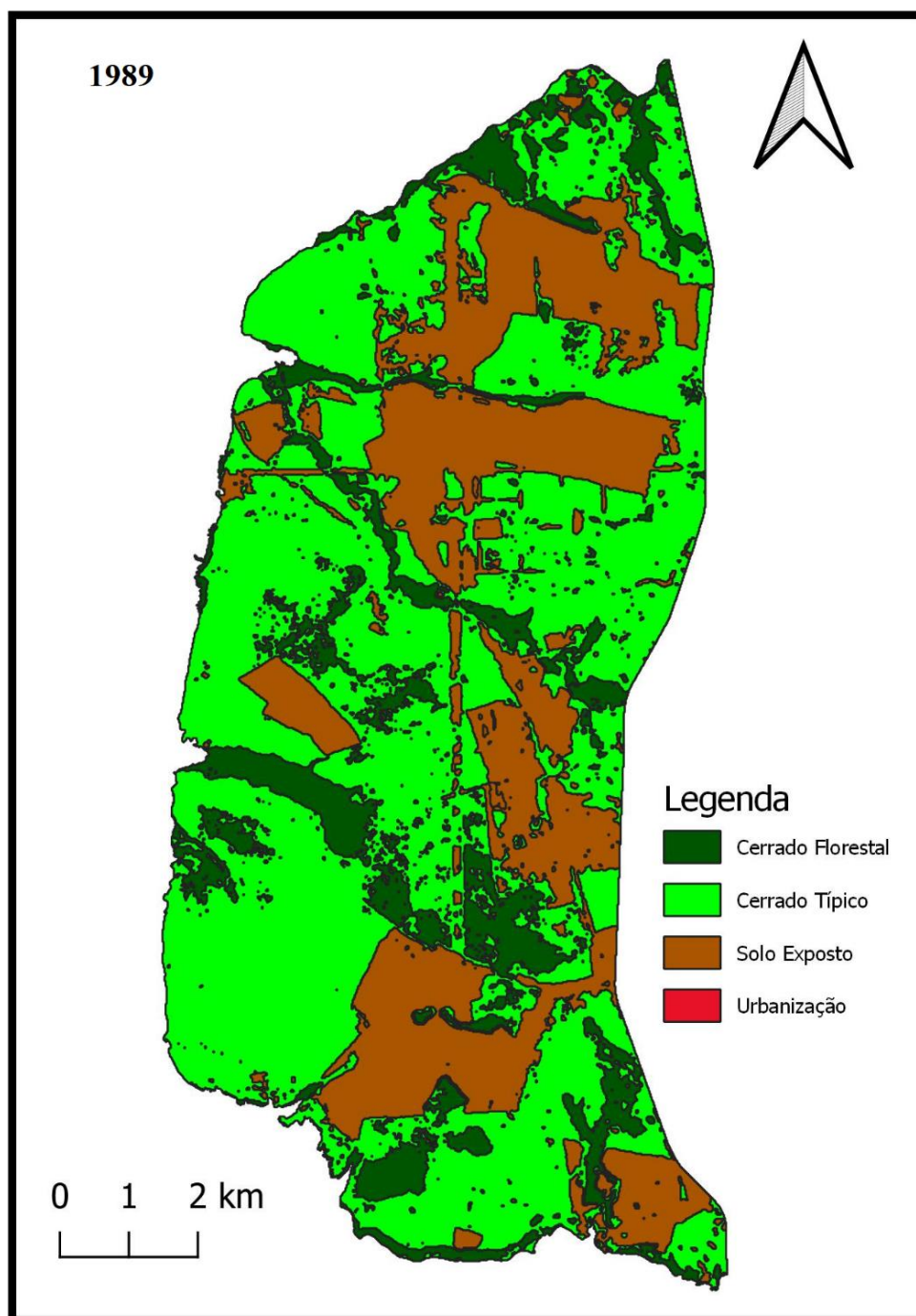


FIGURA 5 IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 1989

No entanto, percebe-se um aumento significativo da urbanização já nos primeiros anos após o início da construção da cidade. Entre 1989(Figura 6) e 1994 (Figura 7) a área urbanizada e de solo exposto juntas já ocupavam um pouco mais de 50% da área do Plano Diretor Urbano (Tabela 4).

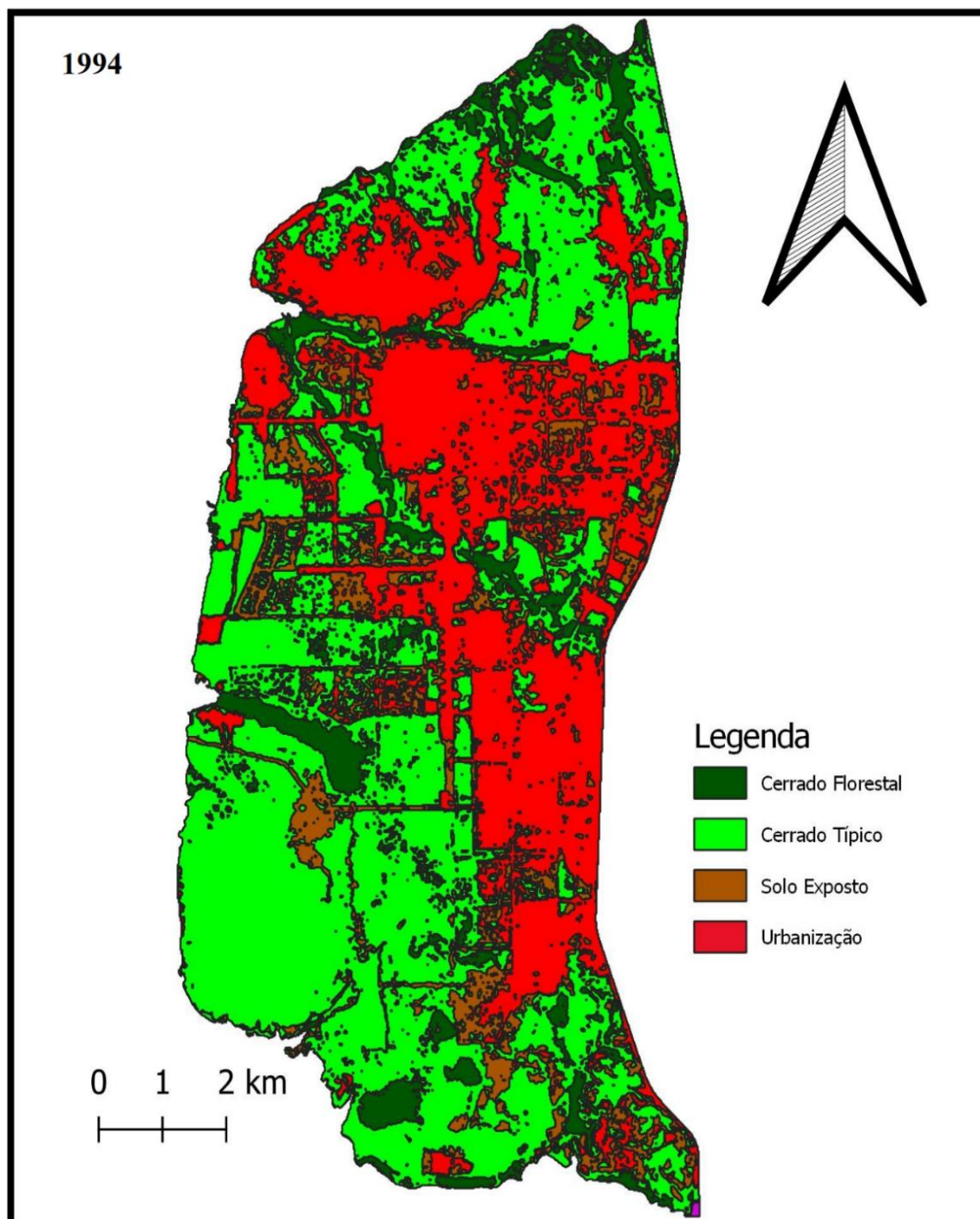


FIGURA 6: IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 1994



No ano de 1999 (Figura 8) o crescimento da urbanização continuou e com isso a redução da cobertura vegetal também, porém de uma forma menos impactante do que nos primeiros cinco anos, onde ocorreu uma verdadeira explosão no crescimento urbano de Palmas.

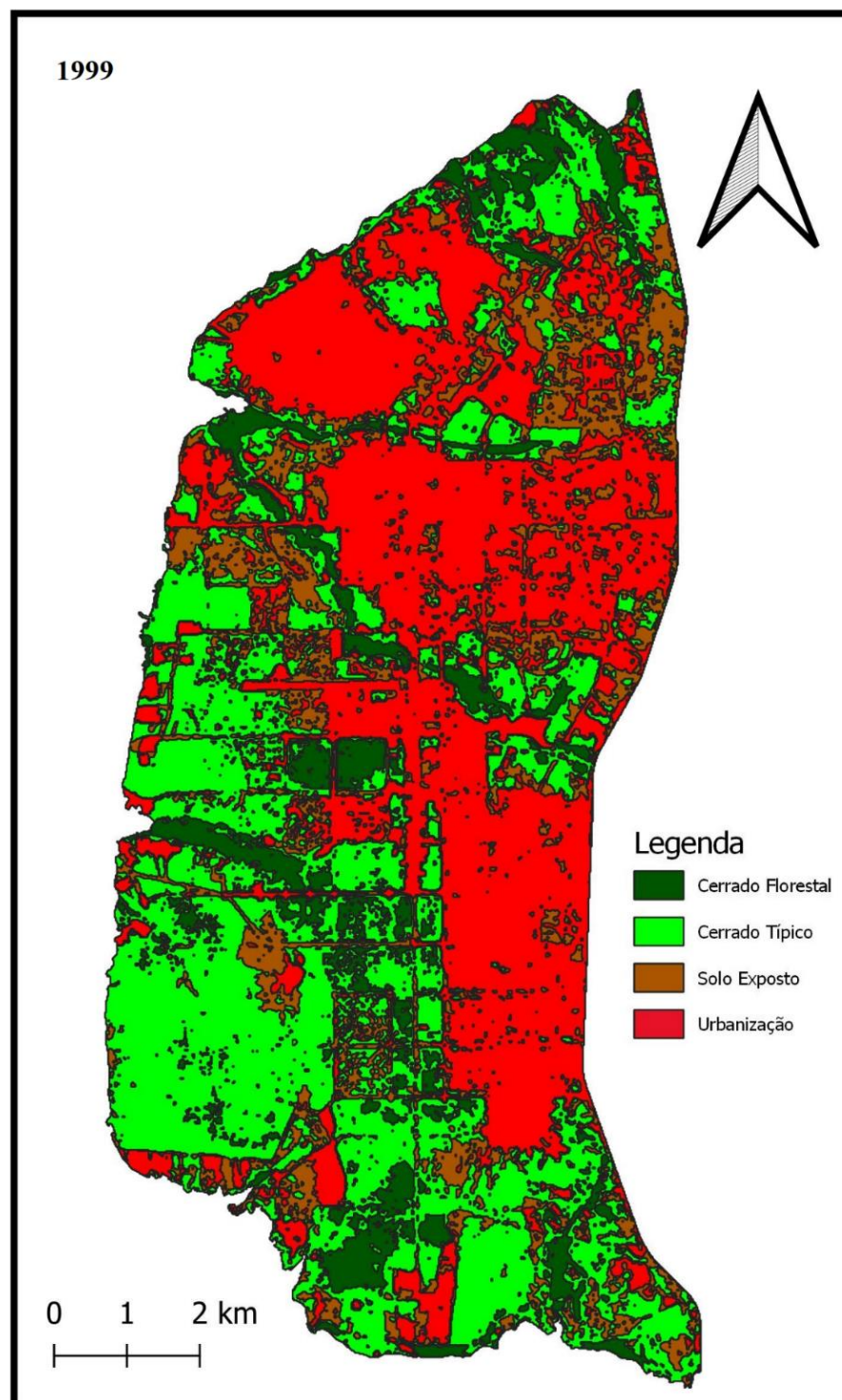


FIGURA 7: IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 1999

Entre o ano de 1999 (Figura 8) e 2004 (Figura 9) as alterações no uso e ocupação do solo foram mais brandas tendo a cobertura vegetal sido reduzida em 7% e as áreas antropizadas terem aumentado em aproximadamente 2%.

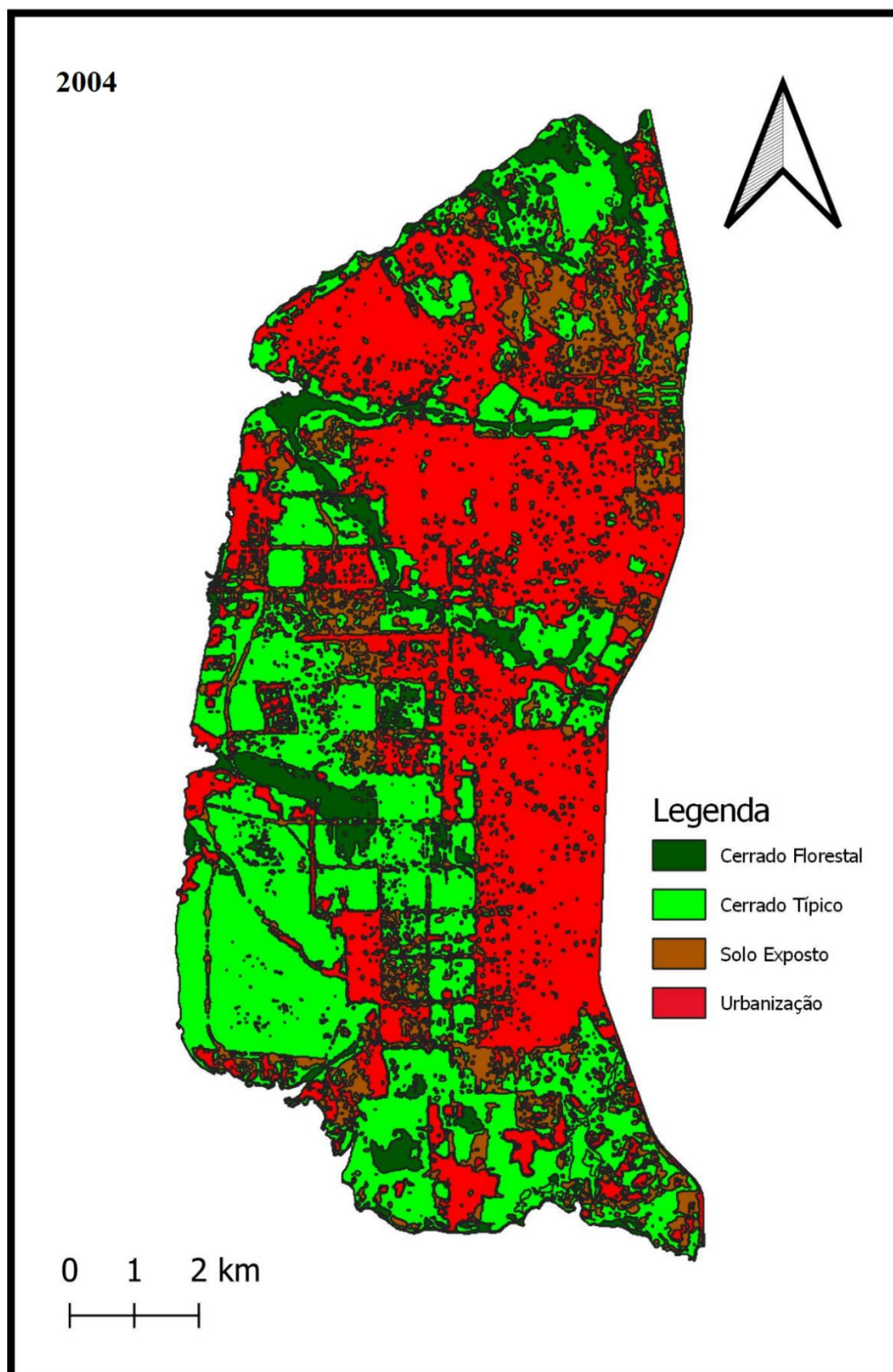


FIGURA 8: IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 2004

A mesma tendência ocorreu entre os anos de 2004 (Figura 9) e 2009 (Figura 10), a cobertura vegetal total foi reduzida em torno de 6% e as área urbanizada aumentou em aproximadamente 8%, a classe solo exposto continuou reduzindo de maneira suave, em torno de 1%.

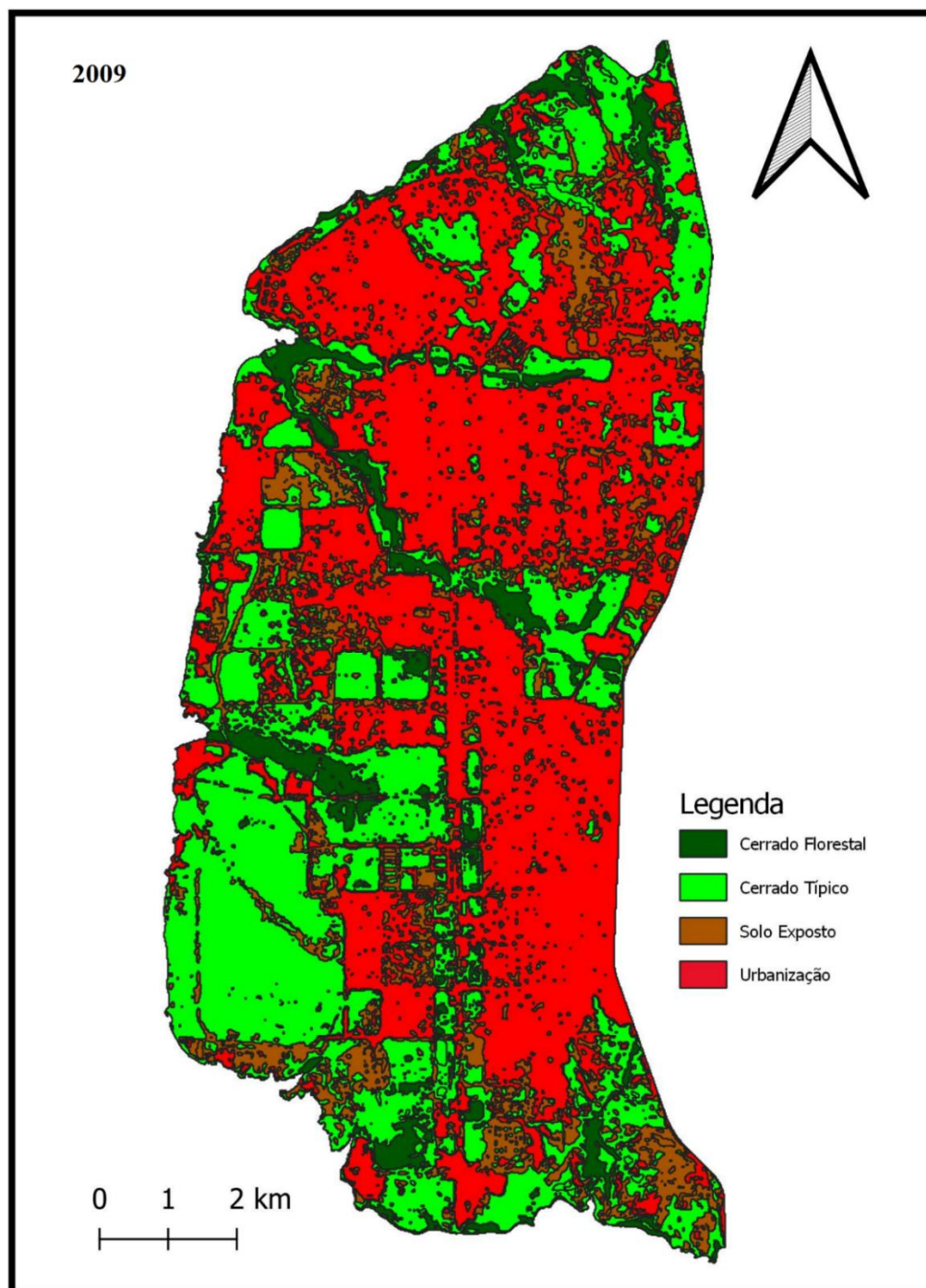


FIGURA 9 IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 2009



Entre o ano de 2009 (Figura 10) e 2014 (Figura 11) a redução da cobertura vegetal foi de aproximadamente 1% e ocorreu um leve aumento na área urbanizada de aproximadamente 2%, a classe solo exposto foi reduzida em menos 1 % nesse período (Tabela 4).

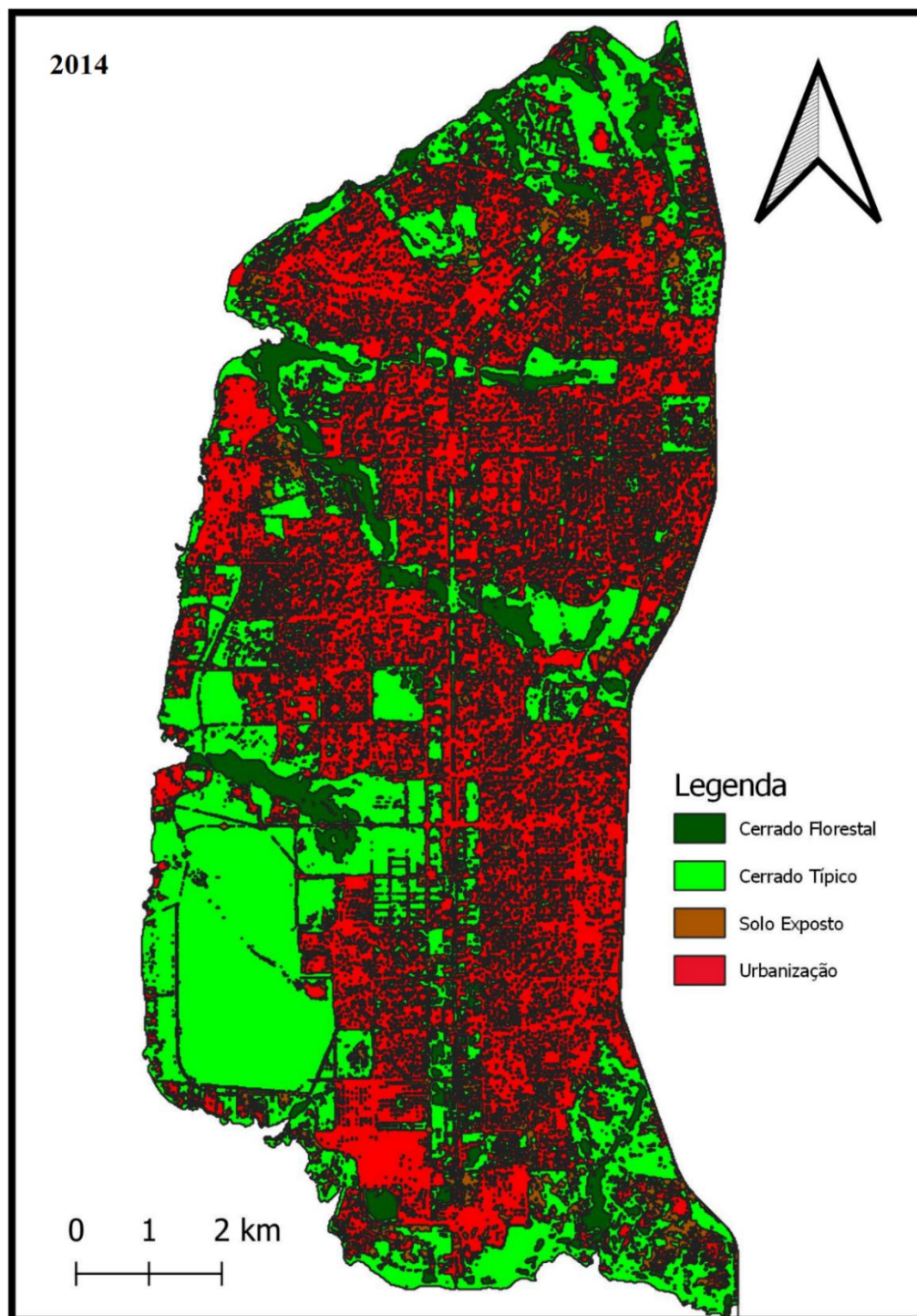


FIGURA 10: IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 2014

Por fim no ano entre os anos de 2014 (Figura 11) e 2018 (Figura 12) as reduções na cobertura vegetal e solo exposto e o aumento da área urbana seguiram os mesmos padrões dos últimos três anos analisado, não ocorrendo nenhuma grande transformação nos valores dessas classes nesse período (Tabela 4).

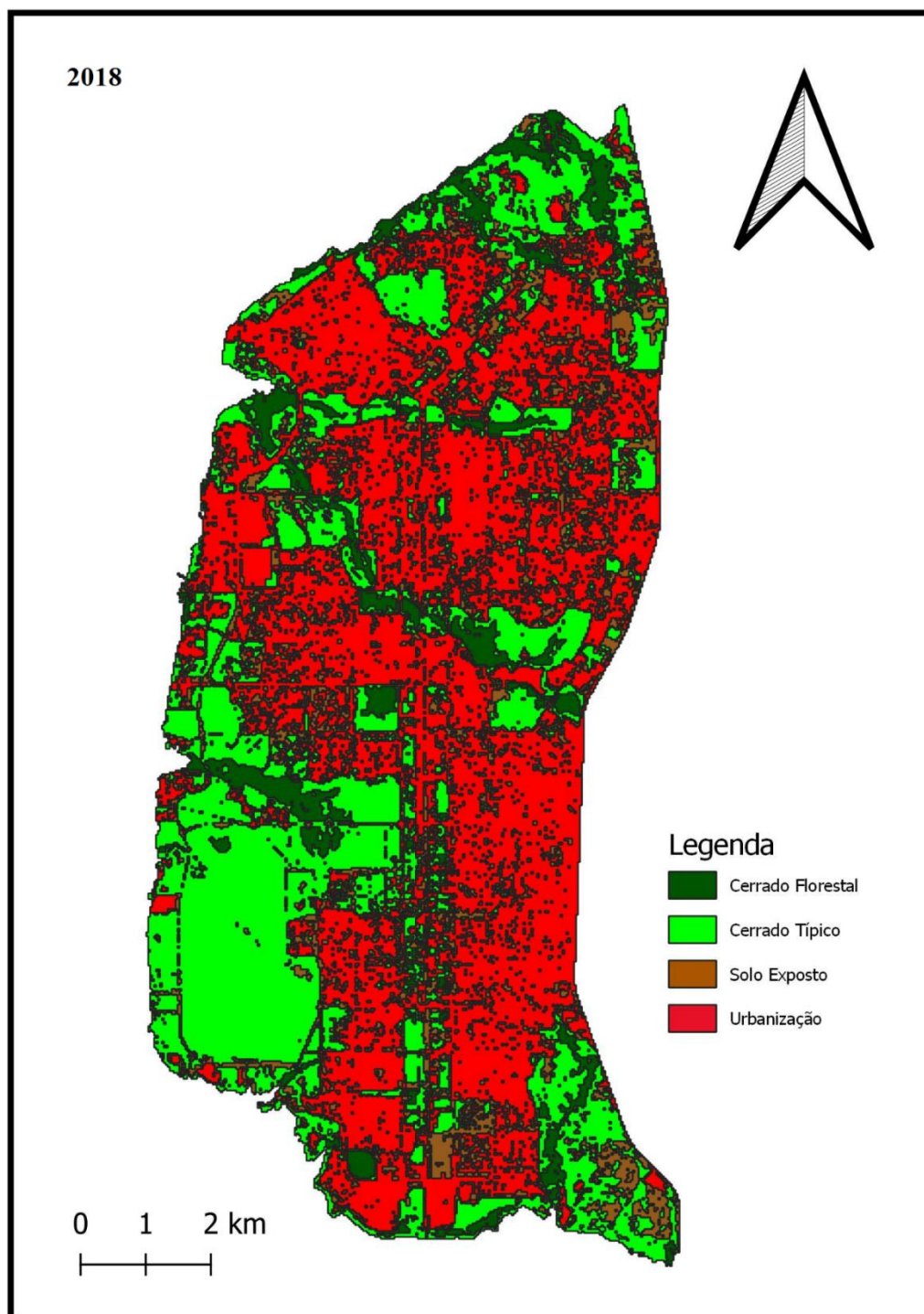


FIGURA 11 : IMAGEM CLASSIFICADA E CATEGORIZADA DO ANO DE 2018

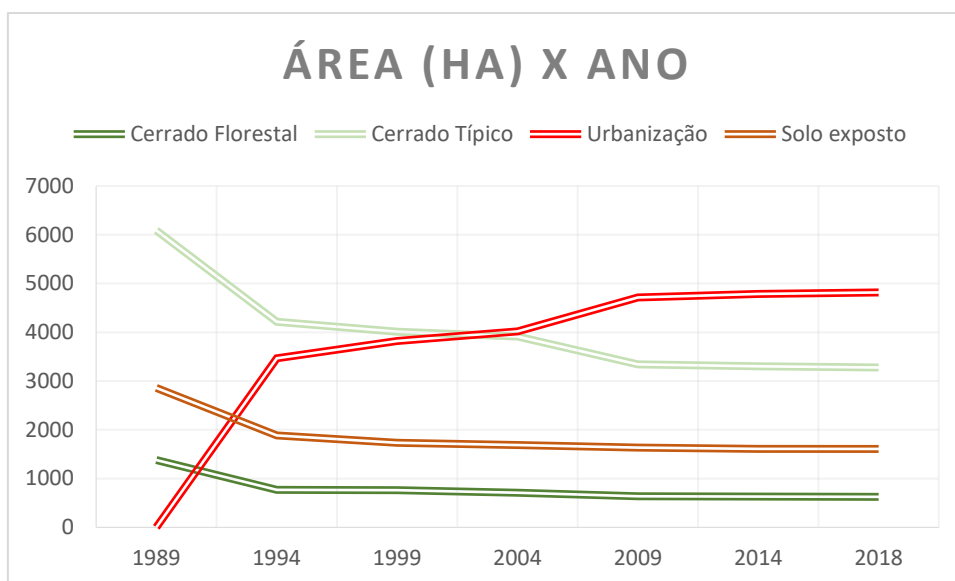


GRÁFICO 1: MODIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 30 ANOS

## 4.2 Áreas Florestais de Cerrado

As áreas ocupadas por cerrado florestal correspondiam a 13,36% (1380,04 ha) do total em 1989. Em 1994 esta área foi reduzida em 613,98 hectares ocupando 7,41% (766,06 ha). Entre 1994 e 1999 a perda de cerrado florestal foi menor sendo de 0,4 %, restando em 1999 o total de 7,37% (761,864 ha) de cobertura florestal. Entre 1999 e 2004 houve redução na área dessa fitofisionomia, e a perda de cerrado florestal correspondeu a 50,66 ha. Em 2004 a área de cerrado florestal correspondia a 6,88% (711,2 ha). Nos anos de 2009,2014 e 2018 ocorreu uma redução anual média de 4,73 ha de cerrado florestal, tendo restado somente 6,05% (625,46 ha) dessa fitofisionomia no plano diretor urbano de Palmas. Foi constatado, que entre 1989 e 2018 houve uma redução significativa das áreas de Cerrado Florestal ( $p < 0,001$ ) no Plano Diretor Urbano de Palmas.

## 4.3 Cerrado Típico

Atualmente os remanescentes de Cerrado Típico ocupam 31,73% do total da área do Plano Diretor de Palmas. Esse valor correspondia em 1989 a 58,95%, ou seja, em 30 anos esta fitofisionomia perdeu quase metade da sua cobertura original. As áreas de Cerrado Típico foram drasticamente reduzidas entre 1989 e 1994, nesses cinco primeiros anos da construção da capital tocantinense a perda de cobertura vegetal referente a essa fitofisionomia foi de 1.876,93 ha, correspondendo a 40,78% da área total no ano de 1994.

Nos anos seguintes a perda foi bem menor, correspondendo a 201,68 ha entre 1994 e 1999 e de 98,23 ha entre 1999 e 2004. Porém no intervalo entre 2004 e 2009 ocorreu um novo aumento de perda de cobertura vegetal, correspondendo a 567,69 ha nesse período. Nos últimos dez anos a média de perda de cerrado típico foi de 33,3 ha. Observamos portanto, que entre 1989 e 2018 houve uma redução significativa das áreas de Cerrado Típico ( $p < 0,001$ ) no Plano Diretor Urbano de Palmas.

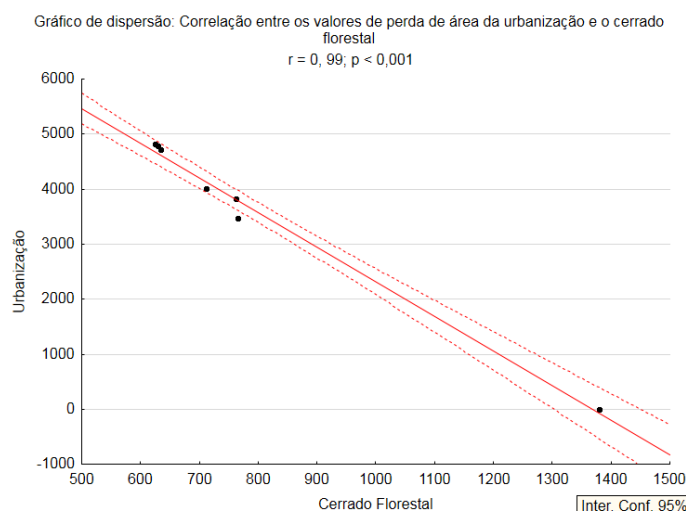
#### **4.4 Áreas Antropizadas**

A área atual de urbanização ocupa 46,63% (4817,11 ha) do total da área do Plano Diretor de Palmas. Inversamente ao que ocorreu com a cobertura vegetal a área de urbanização cresceu durante todos os anos do período estudado (1989 até 2018), os maiores picos de crescimento foram durando os cinco primeiros anos da construção da capital tocantinense e entre os anos de 2004 e 2009 correspondendo a um aumento de área de 3465,88 ha e 697,69 ha respectivamente. Para a classe solo exposto também ocorre uma redução de sua área desde a criação da capital, tendo sua área inicial no ano de 1989 de 2859,32 ha que correspondia com as recém áreas abertas para a construção e implementação das infraestruturas da cidade, sendo reduzida para 1607,93 ha nos dias atuais. Da mesma forma que ocorreu com a cobertura vegetal, essas duas classes obtiveram transformações fortemente significativas ( $p < 0,001$ ).

#### **4.5 Correlação entre as classes**

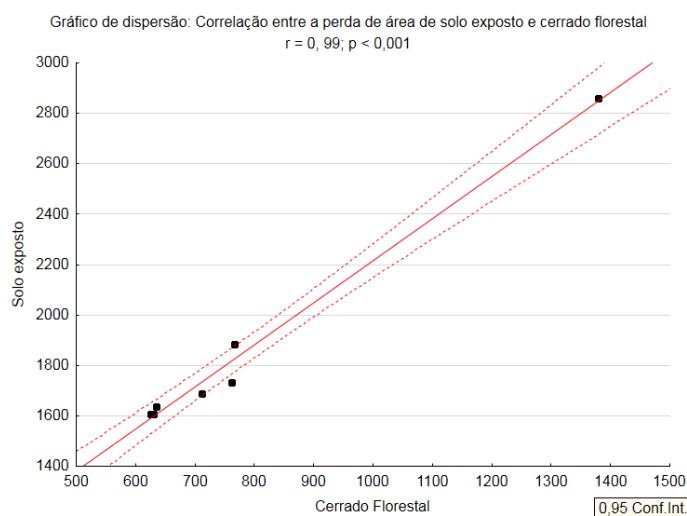
Primeiramente foi feita uma correlação de Pearson, somando a perda de área entre os dois tipos de fitofisionomia (Cerrado Florestal e Típico) ao longo dos anos, e correlacionando essa soma com a urbanização, o resultado foi uma correlação negativa forte (-0,99 ou -99%). Isso significa afirmar que a urbanização está correlacionada com a perda de área da variável (somada) das duas fitofisionomias. O nível de significância utilizado foi de 0,05 sendo que o p estatístico gerado foi menor que 0,001. Assim, a chance dessa alta correlação negativa e altamente significativa ter sido causada pelo acaso é extremamente baixa e mostra que o aumento da urbanização está relacionando com o processo de perda de cobertura vegetal no Plano Diretor Urbano de Palmas.

GRÁFICO 2: CORRELAÇÃO ENTRE A PERDA DE ÁREA DE CERRADO FLORESTAL COM A URBANIZAÇÃO. INTER. CONF. 95% = INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%.



Ao compara as classes de vegetação com o solo exposto obtivemos os seguintes resultados. As duas variáveis apresentaram uma forte correlação positiva (0,99 ou 99%). Isso significa afirmar que a exposição do solo (Solo Exposto) está fortemente correlacionada com a perda de área de Cerrado Florestal, o que significa afirma que as classes apresentaram o mesmo comportamento durante o processo de urbanização, ou seja, tiveram suas áreas reduzidas. O nível de significância utilizado foi de 0,05 sendo que o p estatístico gerado foi menor que 0,001. Assim, a chance dessa alta correlação positiva e altamente significativa ter sido causada pelo acaso é extremamente baixa

GRÁFICO 3: CORRELAÇÃO ENTRE A PERDA DE ÁREA DE SOLO EXPOSTO COM O CERRADO FLORESTAL. INTER. CONF. 95% = INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%.





A expansão urbana esteve correlacionada com a perda de Cerrado Típico ( $r = -99$  ou  $-99\%$ ), Cerrado Florestal ( $r = -99$  ou  $-99\%$ ) e com a Exposição do Solo ( $-0,98$  ou  $98\%$ ). Com isso, podemos afirmar que a urbanização foi o principal fator da redução das demais classes.

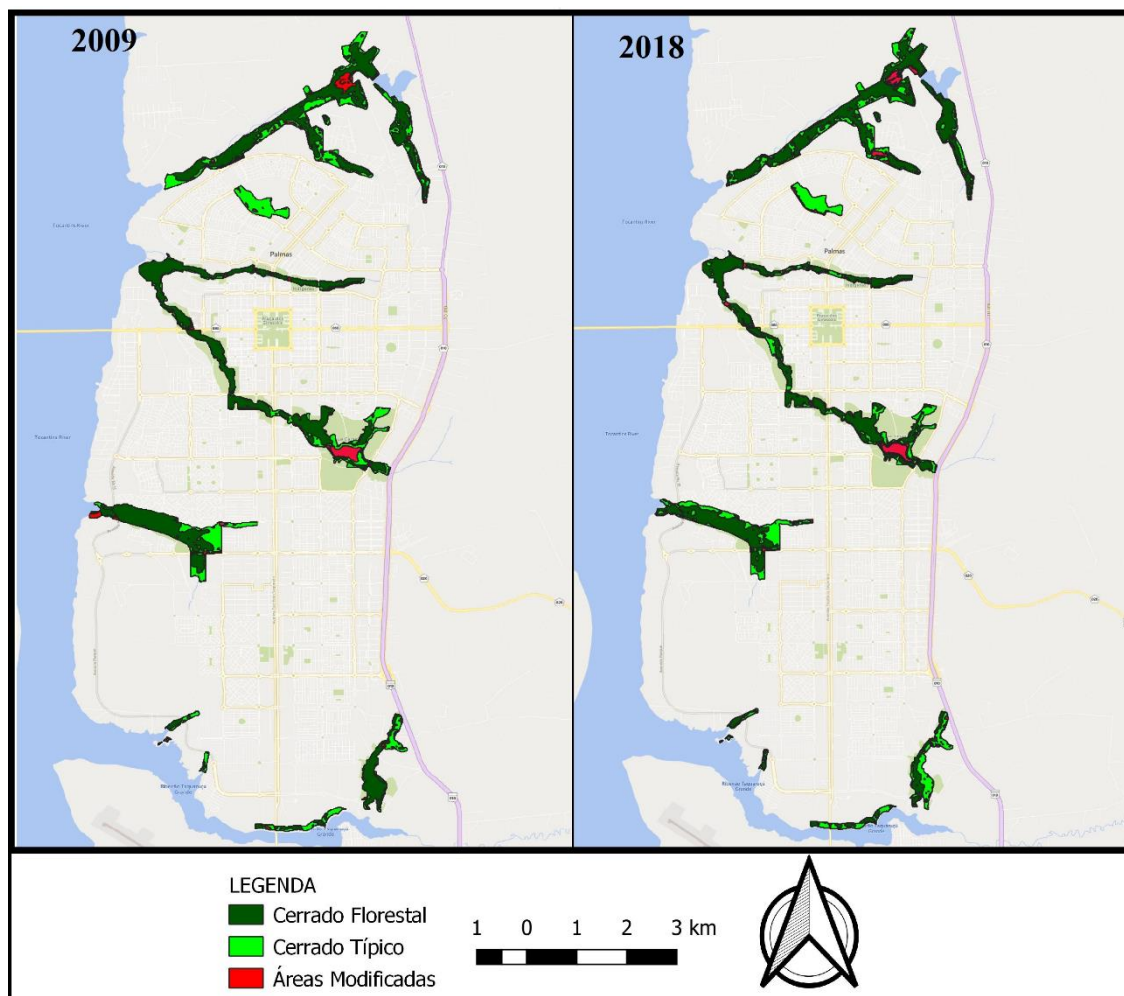
#### 4.6 Áreas Ambientalmente Protegidas – AAPs

A área total mapeada das AAP's foi de 917,09 ha, no ano de 2009 era composta de 57,46% de Cerrado Florestal e 35,41% de Cerrado Típico, sendo essas áreas extremamente caracterizadas por acompanharem os rios urbanos. O processo de perda da cobertura vegetal (Cerrado típico + Cerrado Florestal) não foi tão intenso durante os dez após a criação do novo plano diretor variando em aproximadamente sete hectares. As áreas de antropizadas nessas regiões entre os anos de 2009 e 2018, também não variaram de uma forma intensa, podendo destacar somente a criação de novas avenidas como por exemplo a avenida NS 15 que corta essas regiões. O motivo de pouca alteração nessas áreas é que são em sua maioria áreas de APP's e as avenidas que cortam essas regiões já estavam construídas no ano 2009.

TABELA E: COMPARAÇÃO DAS ÁREAS DAS AAP'S ENTRE OS ANOS 2009 E 2018

Classes	2009		2018	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cerrado Florestal	526,97	57,46	472,281	51,49
Cerrado Típico	324,8	35,41	350,78	38,24
Áreas Modificadas	65,24	7,12	94,035	10,23
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>917,096</b>	<b>100</b>	<b>917,096</b>	<b>100</b>

FIGURA 12: COMPARAÇÃO DAS ÁREAS DESTINAS AS AAP'S ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2018



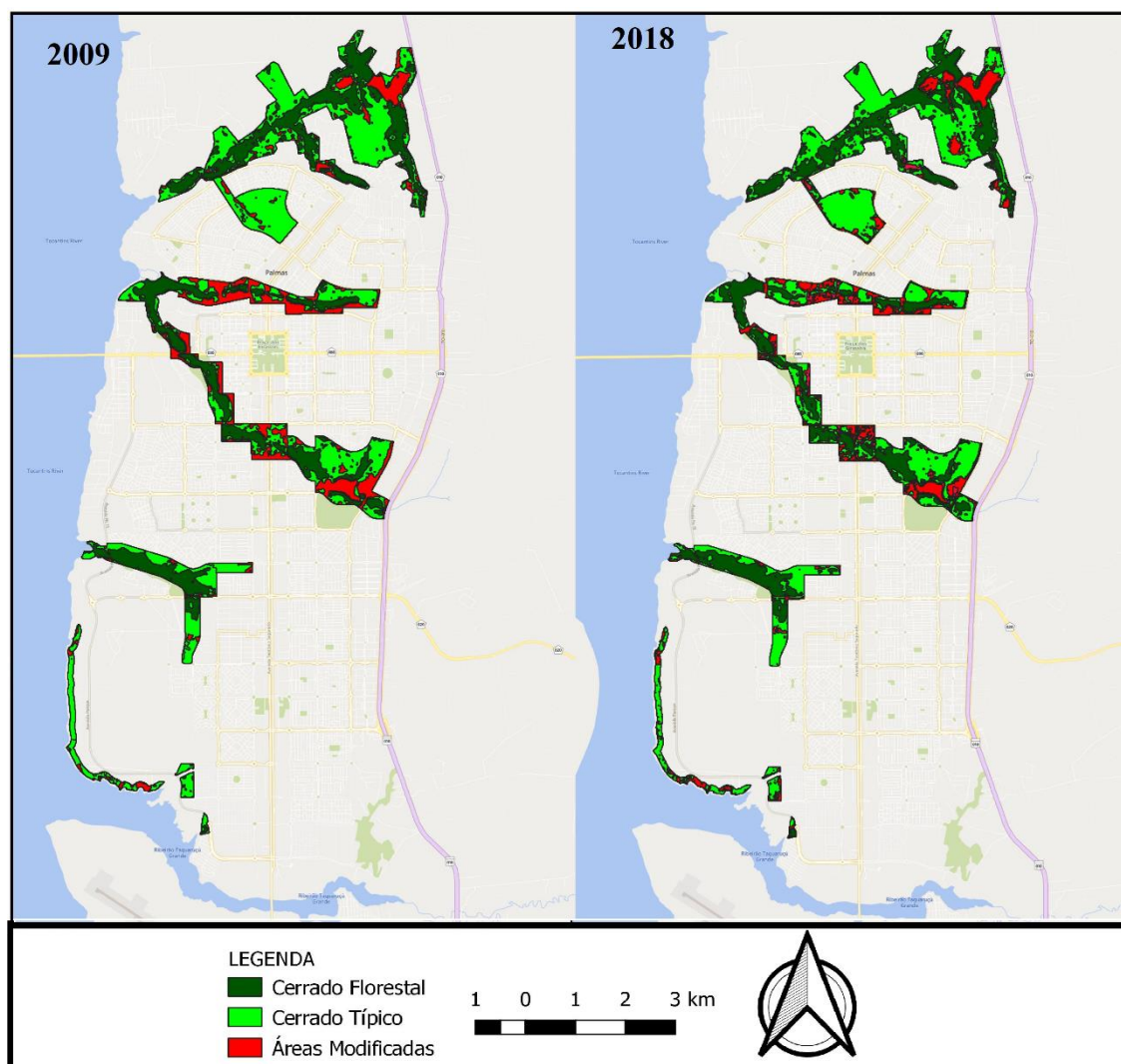
#### 4.7 Áreas Verdes Urbanas – AVUs

A área total das áreas verde urbanas- AVU's é de 1653,6 ha, no ano de 2009 essas áreas apresentaram 28,44% de Cerrado Florestal e 60,63% de Cerrado Típico. No ano de 2018 essas áreas corresponderam respectivamente a 24,12% e 63,96%, o processo de perda de cobertura vegetal (Cerrado Típico + Cerrado Florestal) foi de aproximadamente 16 ha para o período estudado. As áreas de antropizadas (Solo exposto + Área urbanizada) nessas regiões entre os anos de 2009 e 2018, aumentaram em 16 ha. (TABELA F).

TABELA F: COMPARAÇÃO DAS ÁREAS DAS AVUS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2018

Ano	2009		2018	
Classes	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cerrado Florestal	470,361	28,44	399,04	24,12
Cerrado Típico	1002,73	60,63	1057,98	63,96
Áreas Modificadas	180,512	10,91	196,863	11,90
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>1653,603</b>	<b>100</b>	<b>1653,603</b>	<b>100</b>

FIGURA 13: COMPARAÇÃO DAS ÁREAS DESTINAS AS AVU'S ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2018



## 5 Discussão

### 5.1 Cobertura Vegetal Total

Desde a criação até os dias atuais, o processo de urbanização afetou drasticamente na redução da cobertura vegetal nativa no Plano Diretor Urbano de Palmas, suprimindo as áreas de Cerrado Florestal e de Cerrado Típico, como pode ser evidenciado a partir da Tabela D e das imagens obtidas com a classificação e quantificação das classes estudadas. De acordo com o teste ANOVA aplicado para a perda de cobertura vegetal total (Cerrado Florestal + Cerrado Típico), foi altamente significativa durante os 30 anos de urbanização da capital tocantinense.

Os primeiros cinco anos foram os períodos mais críticos onde ocorreu a maior supressão da cobertura vegetal, isso se deve à falta de uma política ambiental adotada no começo da construção da cidade. O processo de ocupação urbana nos primeiros anos da implementação da capital pode ser definido como um processo de “terras arrasadas”, que tem como característica a retirada da cobertura nativa (FIGHERA, 2005), para ceder espaço para urbanização. A cobertura vegetal por desempenhar um papel fundamental para o bem estar da população através dos seus serviços ecossistêmicos como conservação e preservação do solo, redução da poeira e poluição do ar, alteração do microclima local entre outros, teve como sua retirada completa o motivo de diversos problemas no começo da criação da cidade, como existem diversos relatos dos residentes pioneiros na capital, que esse período foi marcado por intenso desconforto da população por causa do excesso de poeira e altas temperaturas (AQUINO, 2011).

Esse método que antecede a urbanização caracterizado pela retirada total da cobertura vegetal ocorreu em outras cidades do cerrado, em Brasília na sua construção, não houve preocupação com a preservação do cerrado, segundo relatos esse Bioma era considerado a vegetação lixo do Brasil e precisava ser retirada para dar lugar para a construção da Capital Federal (MOYSÉS; SILVA, 2008). Em Goiânia no seu plano original de criação, diversos espaços que seriam destinados para a construção de parques e manutenção da vegetação natural através de áreas verdes foram extintos com objetivo de ceder espaço para a expansão do aglomerado urbano (STREGLIO; OLIVEIRA, 2011).

Nos anos seguintes a redução da cobertura vegetal total continuou ocorrer, mas não de uma forma tão drástica como nos primeiros anos, restando no total 37% de cobertura vegetal na área do plano diretor de Palmas no ano de 2018. Essa tendência de redução das áreas verdes urbanas ocorre em várias cidades do Brasil. Em Curitiba que embora não seja uma cidade planejada, virou referência mundial em planejamento urbano, teve sua cobertura vegetal reduzida entre os anos de 1986 e 2014 em 10%, e a urbanização foi o principal fator dessa redução (VIEIRA; BIONDI, 2008). Em Teresina entre os anos de 2000 a 2006, ocorreu uma redução aproximada de 13 km<sup>2</sup> de sua cobertura vegetal (MACHADO et al., 2010), no Distrito Federal o efeito da urbanização sobre a cobertura vegetal, ocasionou uma perda de 58% da cobertura vegetal nativa no Distrito Federal, no período de 1954 a 2001 (FONTOURA, 2013).

Apesar de ocupar uma grande parte do Plano Diretor de Palmas, a tendência é que essas áreas continuem sendo reduzidas a cada ano e sobre somente as áreas protegidas. Palmas ainda é uma capital jovem, porém se não for tomada as medidas necessárias para a preservação da cobertura vegetal, vários problemas podem vir a aparecer devido à falta da vegetação nativa. Em cidades mais antigas onde o processo de ocupação do solo está estabelecido a bastante tempo como São Paulo, Belo Horizonte e Recife, apresentam baixos índices de área verde por habitante, devido ao descaso dos gestores e da população durante o processo de crescimento urbano, porém nos dias atuais aumentaram as demandas dos moradores por áreas verdes, e devido a sua ocupação territorial sem um planejamento ambiental adequado restaram poucas áreas para esse fim (MACEDO; QUEIROGA; DEGREAS, 2012).

Palmas é uma cidade privilegiada por estar ainda em processo formação e diversos exemplos podem ser seguidos para que no futuro exista uma resiliência ambiental na cidade. Em Madrid e Barcelona cada vez mais os moradores estão se mobilizando e transformando espaços antes ocupados por estruturas urbanas em áreas verdes, através da criação de hortas comunitárias, áreas de lazer, pomares urbanos e parques (GÓMEZ, 2015). Isso é uma tendência mundial, em áreas densamente urbanizadas, existem poucos espaços que possam ser convertidos em áreas verdes como em Hong Kong e Cingapura, nessas cidades a solução foram a criação de telhados verdes para poder aumentar o bem-estar da população (NOGUEIRA; SANSON; PESSOA, 2007).

Contrapondo a essa tendência, onde a arborização urbana passa para um contexto amplo que têm como princípio promover os serviços ambientais para a população, o paisagismo

urbano local tem-se baseado, em critérios estéticos trazendo alguns problemas para a cidade de Palmas, que poderiam ser amenizados com uma boa gestão da infraestrutura verde (PINHEIRO; MARCELINO; MOURA, 2018).

## 5.2 Cerrado Florestal

Acompanhando a tendência que ocorreu no processo de urbanização da cidade de Palmas, essa fitofisionomia teve uma redução significativa ( $p < 0,001$ ) e está correlacionada com o aumento da urbanização, o Cerrado Florestal foi fortemente impactado nos primeiros cinco anos, tendo sua área reduzida nesse período em aproximadamente 50%, restando basicamente as matas de galeria que acompanham os rios urbanos. Comparando os mapas entre 1989 e 1994, percebe que uma grande parte de Cerrado Florestal foi desmatado para a ocupação da região sul de Palmas. De acordo com a categorização dos mapas não foi possível saber se fitofisionomia estava presente na região norte, além das matas de galeria, pois essas áreas já estavam antropizadas no ano 1989.

A partir do ano de 1994 até o ano de 2018, as reduções foram menores porém é importante analisar através dos mapas que o total atual de cerrado florestal está perto dos rios, o que podemos considerar que o Cerradão foi praticamente eliminado do Plano Diretor restando praticamente fragmentos isolados como a Unidade de conservação do Papagaio Galego e alguns canteiros na Avenida Teotônio Segurado, como se pode observar na imagem do ano de 2018 (FIGURA 12). A maioria dos canteiros dessa avenida que mantiveram a sua cobertura arbórea original, tem maior área média e possuem maior número de indivíduos dos que foram modificados para fins paisagísticos, predominando a fitofisionomia típica de cerradão, porém a tendência é que esses canteiros sejam substituídos para a criação do BRT (PINHEIRO; MARCELINO; MOURA, 2018), eliminado de vez essa fitofisionomia do Plano Diretor Urbano de Palmas, tanto para a fauna como para flora isso é importante pois o Cerradão abriga comunidades vegetais e animais diferentes das matas de galeria, os padrões de fauna e flora interagem entre si e a ação antrópica interfere de forma significativa nessa dinâmica pois a homogeneidade da vegetação é inversamente proporcional à diversidade da fauna em áreas florestais (VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2009).

O Cerrado Florestal restante está inserido praticamente em sua totalidade nas APP's sendo representado pelas matas de galerias, caso essas áreas continuem sendo suprimidas sérios problemas ambientais serão causados. Essa fitofisionomia desempenha uma função ecológica importantíssima como a redução de perda do solo e dos processos de erosão, preservação de fauna silvestre e aquática, manutenção da perenidade das nascentes; preservação dos lençóis freáticos e controle de temperatura (IRIGARAY, 2015). Além disso essa fitofisionomia é responsável pela conectividade verde da cidade através dos corredores ecológicos, que reduzem o isolamento de fragmentos de florestas evitando o colapso das funções vitais ecológicas e da sua biodiversidade sendo que a sustentabilidade desses fragmentos florestais depende do estabelecimento desses corredores ecológicos (BRITO, 2009).

### **5.3 Cerrado Típico**

Durante o processo de urbanização do Plano Diretor de Palmas o Cerrado típico que ocupava aproximadamente 59% da área total, foi reduzindo em aproximadamente 2500 ha, ocupando hoje 37% dessa área, sua redução foi bastante significativa durante os 30 anos ( $p < 0,001$ ) e está correlacionada com o aumento da urbanização. Entre as duas fitofisionomias estudadas o Cerrado típico foi o que perdeu mais área comparado ao cerrado florestal, isso por ser mais abundante na região e suas áreas não estarem dentro de APP's.

O que resta de Cerrado típico pode vir a ser ainda mais suprimido, pois como é observado nos mapas a maioria da sua área está localizada onde futuramente será destinada a construção de novas quadras e outras infraestruturas que venham a ser implementadas na cidade. As quadras da região sudoeste (ARSOS) que ocuparão área mostrada na Figura 15, ainda não foram ocupadas devido a embargos judiciais, a partir que o litígio dessas áreas for resolvido e começar o processo de urbanização terá sido perdido uma área equivale a quantidade 750 ha de Cerrado Típico.

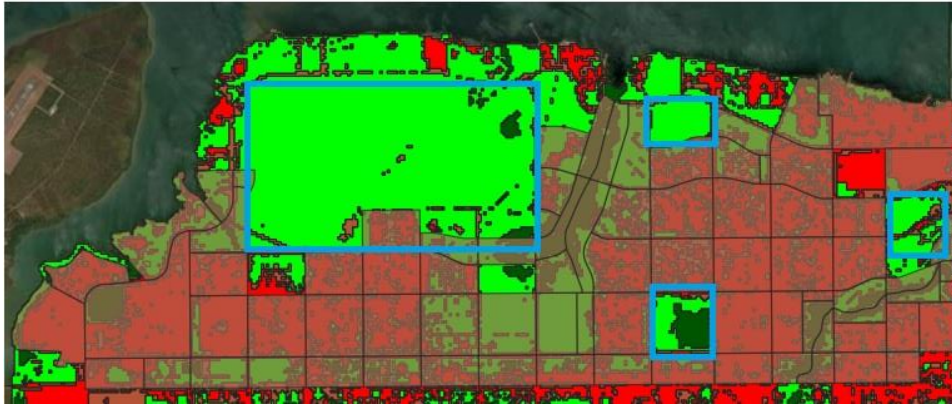


FIGURA 14: LOCAIS ONDE SERÃO DESTINADAS NOVAS QUADRAS NAS ARSOS DESTACADOS NOS QUADRILÁTEROS AZUIS

A restrição desse tipo de fitofisionomia somente as áreas proteção e as áreas verdes das quadras trará bastante impacto para a biodiversidade local e para a população devido a redução dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela presença da cobertura vegetal, a perda de Cerrado típico também foi observado durante o processo de urbanização do Distrito Federal, que está inserido no mesmo Bioma que Palmas, sendo a fitofisionomia que foi mais impactada, onde teve uma redução entre os anos de 1951 e 2001 de 71%, restando apenas poucos fragmentos vegetais associados a vegetação de Cerrado Florestal presente nas APP's (FONTOURA, 2013).

#### 5.4 Áreas de Relevante Interesse Ambiental

O processo de perda da cobertura vegetal( Cerrado típico + Cerrado Florestal) nas Aap's não foi tão intenso durante os dez após a criação do novo plano diretor variando em aproximadamente vinte hectares, apesar de não ser uma perda grande de área é importante ressaltar que essas são as áreas onde as ações de preservação devem ser mais imperativas pois além da cobertura vegetal promover os serviços ecossistemicos que trazem diversos benefícios para a população, também são responsáveis pela proteção dos rio urbanos que abastecem a cidade. Comparando individualmente cada fitofisionomia nas áreas de AAP's foi constatado que o Cerrado Florestal foi mais impactado, devido sua predominancia nessas áreas.



Da mesma forma como ocorreu nas AAP's, a cobertura vegetal total das AVU's também não sofreu grandes alterações no período estudado, apesar das áreas modificadas terem sido aumentadas em 16 ha, não é um número bastante expressivo pois essas áreas podem ter sua destinação para a implementação de algumas infraestruturas, porém o que foi notado é uma transformação nas fitofisionomias, o cerrado florestal está sendo substituído pelo o cerrado típico nessas áreas, tendo sido transformado em aproximadamente 30 ha. De acordo com os estudos existentes, no Cerrado as variações fitofisionômicas são determinadas principalmente pela profundidade, drenagem e fertilidade do solo, e pela ação do fogo que tem forte impacto sobre as comunidades vegetais, dessa forma a vegetação pode se transformar em uma fisionomia mais aberta. (CARDOSO et al., 2009).

As perturbações antrópicas constantes em áreas de domínio do Cerrado, transformam o cerrado florestal em cerrado típico, sendo essa fitofisionomia um disclímax, e o cerrado florestal o verdadeiro clímax desse domínio, caso essas perturbações venham a cessar, o Cerrado então pode se regenerar novamente até atingir o estágio de clímax (PINHEIRO; DURIGAN, 2009). Por se tratar de essas áreas estarem inseridas dentro do município, onde diversos distúrbios ocorrem sobre elas, é praticamente impossível que essas perturbações cessem e o Cerrado Florestal venha se restabelecer, o mais provável é que continue a substituição das fitofisionomias o que pode acarretar perda de biodiversidade nessas áreas.

O uso das AVU's pode ser considerado como áreas de uso sustentável já que é permitida a instalação de infraestruturas públicas destinados a recreação e o lazer, diversos parques como o Cesamar, e dos Povos Indígenas que aumentam a qualidade de vida dos moradores e também ajudam a conter o avanço da urbanização nessas frágeis zonas, já estão implementados. É importante ressaltar que de acordo com o Plano diretor de Palmas a destinação dessas áreas é para a construção de parques urbanos, jardim botânico, horto florestal, bosque e áreas de pesquisa. A criação dessas estruturas é importante pois aumentam o contato entre a sociedade e a natureza e ajudam a conservar o meio ambiente, porém deve haver um comprometimento com o zoneamento dessas unidades para que o lazer não cause transtorno ao equilíbrio desses já fragilizados dos ecossistemas. (MAZZEI; COLESANTI; SANTOS, 2007).

O córrego brejo comprido é um bom exemplo disso, a partir de um Protocolo de Avaliação de Integridade Ambiental com observações realizadas *in loco*, foi constatado

problemas sérios de transparência da água, substrato de fundo, alteração do canal, estabilidade e proteção das calhas e depredação ambiental, em geral (ARAÚJO et al., 2013). Porém esses problemas podem ser causados justamente por o córrego brejo comprido estar localizado dentro do centro urbano de Palmas onde existem diversas construções próximas às áreas de preservação permanente como a Estação de Captação e Tratamento de Água, ETA – 005 e a Estação de Tratamento de Esgoto, ETE – Brejo Comprido (SOUZA). Ainda assim os benefícios socioambientais são importantíssimos como a proteção das margens e da vegetação natural que serve abrigo para a fauna. Pinheiro et al. (2008) em seu estudo sobre a avifauna no centro urbano de Palmas, ressalta a área do córrego do Brejo Comprido devido a sua abundância de espécies, e propõe a criação de uma Unidade de Conservação Protegida dentro dos limites da cidade, se localizando nas proximidades da AVU do Córrego Prata, por conter um ambiente heterogêneo de vegetação do cerrado e por ser um local onde grande parte das aves de Palmas se estabelecem.

A AVU do córrego prata se caracteriza como uma zona entorno do córrego urbano, com o crescimento da população de Palmas, de acordo com Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas essa região poderá ter diversos problemas ocasionados se os picos de volumes escoados que podem estar acima da sua capacidade não sejam devidamente mantidos, por causa das condições de impermeabilização urbana nessa região (PALMAS, 2017). Além disso no Relatório Técnico do Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Prata (2017) diversos problemas foram relatados nessa área verde urbana como a captação de água em nascentes e intervenções humanas em áreas de preservação permanente. Por essas questões de fragilidade dessa área associado aos possíveis impactos que podem afetar os moradores a ideia da criação de uma unidade de conservação nessa região é bastante válida pois as UC's urbanas são fontes de recursos para diferentes organismos mantendo diversas espécies dentro e nas proximidades de paisagens urbanas, ajudando na sua preservação e no cumprimento de suas funções ecossistêmicas (PENA et al., 2016).

A importância dessas áreas para que a cidade de Palmas mantenha uma resiliência ambiental durante seu processo de urbanização é fundamental, mas não suficiente, a infraestrutura verde deve ser planejada antes da ocupação urbana, dessa forma as áreas vulneráveis e de grande importância ambiental podem ser conservadas (HERZOG; ROSA, 2010). As AAP's e AVU's foram planejadas após a ocupação da cidade estar

praticamente estabelecida, restando poucas áreas que ainda serão urbanizadas, dessa forma é necessária uma atenção maior com esse restante de vegetação que ocupa essas áreas pois a partir do conceito de infraestrutura verde que pode ser entendida como uma rede de áreas verdes naturais conectadas e demais espaços abertos que conservam valores e funções ecológicas (FRANCO, 2010), essas áreas necessitam de conectividade e preservação dos seus elementos característicos, e uma forma eficaz de possibilitar isso é através da arborização urbana se baseando em três princípios: a sustentabilidade, a criação de uma paisagem diversa e identitária, e uma gestão segura e eficiente (PALMAS, 2015).

## **6 Considerações Finais**

Esse estudo demonstrou a ocorrência de uma perda muito grande de cobertura vegetal durante os 30 anos do processo de ocupação urbana de Palmas, tendo como a principal causa o crescimento da urbanização. Foi constatado um descaso dos gestores nos primeiros anos de implementação da capital, onde ocorreu a retirada total da vegetação para a construção das novas quadras.

As áreas de relevante interesse ambiental foram definidas após o processo de ocupação, o que torna muito complicado um planejamento efetivo da infraestrutura verde urbana, além disso é necessário a criação de parques ou unidades de conservação nas proximidades das AERIA's que ainda não tem uma destinação específica como o Corrégo Prata. Além disso é de grande importância uma melhor gestão para a criação das novas quadras nas ARSOS, pois essa região concentra metade dos remanescentes de Cerrado Típico.

Somente com uma visão holística ambiental é possível evitar que a cidade de Palmas passe pelos mesmos problemas que ocorrem em cidade onde a urbanização já está completa. A cidade de Palmas além de ser um exemplo para as demais cidades deve ter seu crescimento de forma sustentável para que no futuro problemas relacionados a perda dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela falta de cobertura vegetal não venham a ocorrer mais ainda.

## 7 Referencias

- ADORNO, L. F. M.; FIGHERA, D. R. . **A Trajetória da Política Ambiental de Palmas Enquanto Capital Ecológica.** In: Maria Geralda de Almeida. (Org.). *Tantos Cerrados*. Goiânia: Vieira, 2005, v. 01, p. 205-223.
- ALBA, J. M. F.; Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: EMBRAPA. **AGRICULTURA DE PRECISÃO: RESULTADOS DE UM NOVO OLHAR.** Brasília: Embrapa, 2014. p. 84-96.
- ALMEIDA, A. S.; SANTOS, R. L.; CHAVES, Joselisa Maria. Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo no Município de Jeremoabo-Ba: Uso do Algoritmo Máxima Verossimilhança (Maxver). **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr**, Curitiba, v. 1, n. 15, p.7255-7262, maio 2011.
- ALVES, A. C.; CONCEIÇÃO, P. E. A. Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80 para o município de Manaus/AM. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR)**, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 5881-5888.
- AQUINO, N. A. de. Cidades, migrações e memórias no Tocantins: (re)visitando escritas e falas na década de 1990. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – ANPUH, 26.**, 2011, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: [s.i.], 2011. p. 1 - 9.
- ARAUJO, C. M. et al. O Parque Cesamar e a integridade ambiental do Córrego Brejo Comprido em Palmas-TO. **Interface**, Palmas, v. 6, n. 1, p.49-61, jun. 2013.
- AURA, T. A. et al. Sensoriamento Remoto na Análise da Expansão do Uso e Ocupação do Solo em Petrolina-PE. **N: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15.**, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2011., Curitiba, p.6940-6946, maio 2010.
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: Um estudo de revisão e propostas conceituais. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (REVSBAU)**, Piracicaba – SP, v. 6, n. 3, p.172-188, 2011.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F.. ÁREAS VERDES URBANAS: UM ESTUDO DE REVISÃO E PROPOSTA CONCEITUAL. **Revsbau**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p.172-188, set. 2011.

BARROS, M. V. F.; VIRGILIO, H.. Praças: espaços verdes na cidade de Londrina. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 1, p.533-544, jan. 2003

BRAZ, A. et al. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego fundo – três lagoas/ms 2011/12. **Simpósio Mineiro de Geografia**, Alfenas, v. 3, n. 1, p.1822-1835, maio 2016.

BRITO, F. A. de; PINHO, B. A. T. D. de. DINÂMICA DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO BRASIL, 1940-2010. **Texto Para Discussão: UFMG/CEDEPLAR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 464, p.1-19, dez. 2012.

BRITO, F.. CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. In: BRITO, Francisco. **Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas**. Florianópolis: Ufsc, 2009. p. 49.

BROOKS, T.M., MITTERMEIER, R.A., DA FONSECA, G.A.B., GERLACH, J., MOFFMANN, M., LAMOREUX, J.F., MITTERMEIER, C.G., PILGRIM, J.D. & RODRIGUES, R.R. (2006) **Global biodiversity conservation priorities**. *Science*, 313, 58–61.

BYOMKESH, T.; NAKAGOSHI, N.; DEWAN, A. M.. Urbanization and green space dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh. **Landscape And Ecological Engineering**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.45-58, 8 fev. 2011. Springer Nature.

CABRAL, M.; PEREIRA, H. M.; CRUZ, C. S.. O Índice de Biodiversidade nas Cidades como ferramenta para gestão: o caso da cidade de Lisboa. **Ecologi@**, Lisboa, v. 6, n. 1, p.63-72, mar. 2012.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M.J. "Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral" . In: Souza E SILVA,M., "**Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento**", cap. 2, pp.59-88. Lavras, UFLA/SBEA, 1998.

CANO, W.. Urbanização: Sua Crise e revisão de planejamento. **Revista de Economia Política**, Campinas, v. 9, n. 1, p.62-82, mar. 1989.

CARDOSO, E. et al. Mudanças fitofisionômicas no cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na estação ecológica do panga, uberlândia - MG1. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 32, n. 10, p.254-268, dez. 2009.

CARVALHÊDO, W. dos S.; LIRA, E. R.. Palmas Ontem e Hoje:: Do interior do Cerrado ao Portal da Amazônia. **Revista Eletrônica de Geografia**, Palmas, v. 1, n. 2, p.51-73, jul. 2009.

CATTANI, C. E. V. et al. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 8005 - 8010.

CAVALCANTE, L. A. Silva. **Caracterização da Unidade de Conservação Prata**. Palmas: [s.i.], 2017.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P.C.D. Áreas Verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana. **Anais...** Vitória: PMV, 1992. p. 29-38.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.. Espaços Livres e qualidade de vida urbana. **Paisagem e Ambiente**, [s.l.], n. 11, p.277-287, 10 dez. 1998. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP.

CHAVEIRO, E. F.. A URBANIZAÇÃO DO CERRADO: ESPAÇOS INDOMÁVEIS, ESPAÇOS DEPRIMIDOS. **Revista Ufg**. Goiânia, p. 27-31. dez. 2010.

CHEVAN, A., SUTHERLAND, M. 1991. Hierarchical partitioning. **The American Statistician** 45, 90-96.

COCOZZA, Glauco de Paula et al. Palmas: Por um Sistema de Espaços Livres. **Paisagem e Ambiente**, [s.l.], n. 26, p.73-88, 30 jun. 2009. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP.

CONGEDO L. (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

CORIOLOANO, G. P.; RODRIGUES, W.; OLIVEIRA, A. F. de. Estatuto da Cidade e seus instrumentos de combate às desigualdades socioterritoriais: o Plano Diretor Participativo de Palmas (TO). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, S.i., v. 5, n. 2, p.131-145, jul. 2013.

CORREIA, V. R. de M. et al. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 23, n. 5, p.1015-1028, maio 2007.

COSTA, H. S.m.; MONTE-MÓR, R. L.m.. Urbanization & Environment: trends and patterns in contemporary Brazil. **Population And Environment In Brazil: Rio+10**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.128-145, jan. 2013.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação ndvi e savi no município de santa cruz do rio pardo – sp usando imagens landsat-5. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], v. 21, p.234-271, 12 abr. 2011. Universidade Federal do Parana.

FARINA, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cadernos Ebape.br**, [s.l.], v. 4, n. 4, p.01-13, dez. 2006.

FERREIRA, L. V. O efeito da fragmentação e isolamento florestal das áreas verdes da região metropolitana de Belém. **Pesquisas Botânica**, Belém, v. 63, n. 1, p.357-367, dez. 2012.

FIGHERA, D. da R. . **A efetividade do projeto de cidade ecológica de Palmas – to pelos seus espaços verdes**.2005. 189 f. Curso de Pós- Graduação em Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

FONSECA, E. L. Uso de dados de sensoriamento remoto para o monitoramento do Estresse das culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2., 2004, Aracajú. **Anais...** . Aracajú: Embrapa, 2004. p. 1 - 8.

FONTOURA, L. N. J.. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. **Revista Online Ipog**, Brasília, v. 1, n. 5, p.1-13, jul. 2013.

FRANCO, M. Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Revista LABVERDE**, n. 1, p. 135-154, 11 set. 2010.

GANEM, R. S. CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM ÁREAS URBANAS. **Cadernos Aslegis**, Brasília, v. 34, n. 1, p.41-64, maio 2008.

GOMES, L. et al. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.865-875, dez. 2011.

GOMES, M. F. ; QUEIROZ, Deise Regina Elias. Avaliação da cobertura vegetal arbórea na cidade de birigui com emprego de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 2, n. 6, p.93-117, dez. 2011.

GÓMEZ, A. V. . **Espacios verdes comunitarios. Cómo potenciar la resiliencia urbana.**2015. 35 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciencias Ambientales, Universidad Autonomo, Madrid, 2015.

GRIMM, N. B et al. The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [s.l.], v. 6, n. 5, p.264-272, jun. 2008. Wiley-Blackwell.

HELENO, G. von R. Avaliação do uso dos sensores remotos CBERS CCD e Landsat TM para o monitoramento de cianobactérias em ambientes aquáticos de grandes extensões. 2009. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z.. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, [s.l.], n. 1, p.92-115, 11 set. 2010. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP.

HOU, M.; HU, Y.; HE, Y. Modifications in vegetation cover and surface albedo during rapid urbanization: a case study from South China. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 72, n. 5, p.1659-1666, 29 jan. 2014. Springer Nature.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores Rio de Janeiro, 2015.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.



IRIGARAY, C. T. J. H.. **DESAFIOS À PRESERVAÇÃO DE APP NO PERÍMETRO URBANO**. 2015. Curso de Direito, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

ISERNHAGEN, I.; BOURLEGAT, J. M.g. Le; CARBONI, Marina. Trazendo a riqueza arbórea regional para dentro das cidades: possibilidades, limitações e benefícios. **Revsbau**, Piracicaba, v. 4, n. 2, p.117-138, 2009.

KADIR, Mohd Akmal Abd; OTHMAN, Noriah. Towards a Better Tomorrow: Street Trees and Their Values in Urban Areas. **Procedia - Social And Behavioral Sciences**, [s.l.], v. 35, p.267-274, 2012. Elsevier BV.

LANDWIER. Disponível em: <<https://eos.com/landviewer/>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

LEITE, M. E.s; BRITO, Jorge Luis. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros / MG. **Geosul**, [s.l.], v. 26, n. 52, p.99-128, 5 out. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

LEITE, M. E.s ROSA, R.. GEOGRAFIA E GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO URBANO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, p.180-186, fev. 2006.

LIMA, M. L P. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, SãoLuís, de 18 a 24 de setembro de 1994, p. 539-549

LINTOTT, P.R. et al. Differential Responses to Woodland Character and Landscape Context by Cryptic Bats in Urban Environments. **Plos One**, [s.l.], v. 10, n. 5, p.1-14, 15 maio 2015. Public Library of Science (PLoS).

LLARDENT, L. R. **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madri: Inst. de Estudios de Administracion Local, 1982, 538p.

LOBÃO, J. S B.; FRANÇA-ROCHA, W. de J. S. da; SILVA, A. de B.. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: Inpe, 2005. p. 1207 - 1204.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um Sistema de Informação Geográfica. **Geography Department, University Of Sao Paulo**, [s.l.], p.47-58, 2001.

MACEDO, S. S.; QUEIROGA, E. F.; DEGREAS, Helena Napoleon. **APPs urbanas uma oportunidade de incremento da qualidade ambiental e do sistema de espaços livres na cidade brasileira – conflitos e sucessos.** 2012. 11 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Usp, São Paulo, 2012.

MACHADO, R. R. B. et al. Evolução temporal (2000-2006) da cobertura vegetal na zona urbana do município de teresina – piauí – brasil. **Revsbau**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p.97-2012, mar. 2010.

MÁXIMO, O. A.s; FERNANDES, D. Classificação supervisionada de imagens SAR do SIVAM pré-filtradas. In: IMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: Inpe, 2005. p. 4139 - 4146.

MAZZEI, K.; COLESANTI, M. e T. M.; SANTOS, Douglas Gomes dos. ÁREAS VERDES URBANAS, ESPAÇOS LIVRES PARA O LAZER. **Sociedade & Natureza**, [s.i.], v. 19, n. 1, p.33-43, jun. 2007.

MCDONALD, R. I.; KAREIVA, P.; FORMAN, R. d T.t.. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 141, n. 6, p.1695-1703, jun. 2008. Elsevier BV.

MCKINNEY, M. L.. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, United States, p.248-260, nov. 2005.

MEDEIROS, M. B. de; WALTER, B. M. T.; SILVA, Glocimar Pereira. Fitosociologia do cerrado stricto sensu no município de Carolina, MA, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p.2-9, out. 2008.

MELO, C. G. de et al. MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA DO ALTO CURSO DO RIO SANTO ANASTÁCIO UTILIZANDO IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT 8. **Blucher Engineering Proceedings**, [s.l.], p.2209-2219, jul. 2017. Editora Blucher

MÉNDEZ, L. A. A., AND J. A. M. D. L. VEGA (2008) Obtención de cartografía local de combustibles forestales a partir de imágenes satélite de alta resolución espacial. **SIGTECO**.

MENESES, Paulo Roberto. PRINCÍPIOS DE SENSORIAMENTO REMOTO. In: MENESES, Paulo Roberto. **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Brasília: Unb, 2012. p. 3.

MILANO, M. S. O planejamento da arborização, as necessidades de manejo e tratamentos culturais das árvores de ruas de Curitiba-pr. **Floresta**, [s.l.], v. 17, n. 12, p.15-21, 16 out. 2006. Universidade Federal do Paraná.

MORAES, E. C. de. Fundamentos do sensoriamento remoto. In: INPE. **Fundamentos do sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Inpe, 2012. p. 1-22.

MOREIRA, E. F. et al. Comparação e desempenho dos algoritmos paramétricos na classificação supervisionada de áreas naturalmente heterogêneas e dinâmicas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 3, p.581-594, abr. 2006.

MORO, M. F.; CASTRO, A. S. F. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity?. **Urban Ecosystems**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.47-71, 28 maio 2014. Springer Nature.

MOYSÉS, Aristides; SILVA, Eduardo Rodrigues da. Ocupação e urbanização dos cerrados: desafios para a sustentabilidade. **Cadernos Metrôpole**. Belém, p. 197-220. set. 2008.

MOYSÉS, A.; SILVA, E. R. da. Ocupação e urbanização dos cerrados: desafios para a sustentabilidade. **Cadernos Metrôpole**, [s.i.], v. 20, n. 2, p.197-220, jul. 2008.

NEPSTADJ, D. C. et al. Land-use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. **Ciência e Cultura Journal Of The Brazilian Association For The Advancement Of Science**. Brasília, p. 73-86. jan. 1997.

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, Fábio; PESSOA, Karen. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...**. Florianópolis: Inpe, 2007. p. 5427 - 5434.

OLIVEIRA, C. de, 3., 2014, São Paulo. **ÁREAS VERDES URBANAS: ASPECTOS DA GESTÃO DE PRAÇAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**. São Paulo: Uninove, 2014. 8 p.

OLIVEIRA, E. C. L. de; FELFILI, J. M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 19, n. 4, p.801-811, dez. 2005.

PALMAS, Prefeitura Municipal de. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas - TO**. Palmas: [s.i.], 2017

PARANHOS, Ranulfo et al. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: o Retorno. **Leviathan (São Paulo)**, [s.l.], n. 8, p.66-125, 13 ago. 2014.

PAUCHARD, Aníbal; BARBOSA, Olga. Regional Assessment of Latin America: Rapid Urban Development and Social Economic Inequity Threaten Biodiversity Hotspots. **Urbanization, Biodiversity And Ecosystem Services: Challenges and Opportunities**, [s.l.], p.589-608, 2013. Springer Netherlands.

PAZ, L.H.F. **A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas-TO**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2009. 170p.

PENA, João Carlos de Castro et al. THE GREEN INFRASTRUCTURE OF A HIGHLY-URBANIZED NEOTROPICAL CITY: THE ROLE OF THE URBAN VEGETATION IN PRESERVING NATIVE BIODIVERSITY. **Revsbau**, Piracicaba, v. 11, n. 4, p.66-78, mar. 2016.

PINHEIRO, Eduardo da Silva; DURIGAN, Giselda. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.441-454, set. 2009.

PINHEIRO, Renato Torres et al. Birds of the urban area of Palmas, TO: Composition and conservation. **Revista Brasileira de Ornitologia**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.339-347, maio 2008.

PINHEIRO, Renato Torres; MARCELINO, Dianas Gomes; MOURA, Dieyson Rodrigues de. Impacto da implantação do BRT na arborização da região central de Palmas, Tocantins. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, [s.l.], v. 46, p.211-228, 31 ago. 2018. Universidade Federal do Paraná.

PINHEIRO, Renato Torres; MARCELINO, Dianas Gomes; MOURA, Dieyson Rodrigues de. DIVERSIDADE DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM CANTEIROS ARTIFICIAIS E NA-TURAS DE UMA CIDADE PLANEJADA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.236-258, 3 out. 2018. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL.

Prefeitura Municipal de Palmas. 2015. Diagnóstico da Arborização Urbana de Palmas. Prefeitura Municipal de Palmas, 317p.

Prefeitura Municipal de Palmas. 2016. Plano da Arborização Urbana de Palmas. Prefeitura Municipal de Palmas, 115p.

Quinn, G.P., Keough, M.J., 2002. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge University Press, 537p.

QUINTAS, A.V.; CURADO, M.J. The Urban Green Network as a quality of life promoter. In: BREUSTE, J.; KOZOVÁ, M.; FINKA, M. (Ed.). **European Landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management** : Proceedings from the European IALE Conference. Bratislava, University of Salzburg. Slovak University of Technology. Comenius University, 2009. p. 288-292.

REIS, E.; LÓPEZ-IBORRA, G.M.; Pinheiro, R.T. 2012. Changes in bird species richness through different levels of urbanization: Implications for biodiversity conservation and garden design in Central Brazil. **Landscape Urban Plannig**. 107:31-42.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: TECNOLÓGICA, Embrapa Cerrados/embrapa Informação. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 151-212.

ROCHA, Rodrigo Tavares da; LELES, Paulo Sérgio dos Santos; OLIVEIRA NETO, Sílvio Nolasco de. ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS EM NOVA IGUAÇU, RJ: O CASO DOS BAIRROS RANCHO NOVO E CENTRO. **R. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p.599-607, ago. 2004.

RODRIGUES, Renata Ferreira; ARAUJO, Glein Monteiro de. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p.2013-2029, set. 2013.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Geography Department, University Of Sao Paulo**, [s.l.], p.81-90, 2005. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP.

ROSSATTO, Davi Rodrigo; TSUBOY, Marcela Stefanini Ferreira; FREI, Fernando. ARBORIZAÇÃO URBANA NA CIDADE DE ASSIS-SP: UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA. **Rev. Sbau**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p.1-16, set. 2008.

SANCHOTENE, M. C. C. Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. São Luís, 1994. Anais. São Luís: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p.15-26.

SANTANA, Sidney Henrique Campelo de et al. Identificação dos índices de vegetação com melhores respostas espectrais para a Mata Atlântica na cidade de São Paulo-SP. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, Recife, v. 3, n. 2, p.200-2009, abr. 2018.

**SEPLAN**. Base de dados cartográficos de Tocantins. Secretaria do Planejamento e Orçamento. Arquivos Digitais. 2008.

SHIRATSUCHI, Luciano Shozo et al. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: EMBRAPA. **AGRICULTURA DE PRECISÃO: RESULTADOS DE UM NOVO OLHAR**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 58-73.

SILVA, Ketele Rocha da; GIONGO, Pedro Rogerio; NEVES, Patrícia Magalhães. Aplicação de geotecnologias na identificação e quantificação do solo em Santa Helena Goiás. In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA DA UEG, 3., 2016, Pirinópolis. **Anais...** . Goiânia: Ueg, 2016. p. 1 - 10.

SILVA, Mayra Luíza Marques da; PEREIRA, Geraldo Paulino Marques. Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada para imagens do Cbers-2 da Região do Parque Estadual do Rio Doce-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Inpe, 2007. p. 6223 - 6228.

SILVEIRA, Gabriel Rondina Pupo da; RIBEIRO, Fernanda Leite; SANTOS, Willian Renan Piva dos. GEOTECNOLOGIA NO PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA LOCALIZADA EM UMA IMPORTANTE REGIÃO DO ESTADO DO PARANÁ. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [s.l.], v. 11, n. 5, p.144-155, 1 dez. 2015. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista.

STREGLIO, Carolina Ferreira da Costa; OLIVEIRA, Ivanilton José de. PARQUES URBANOS DE GOIÂNIA-GO: PAPEL SOCIAL E POTENCIAL TURÍSTICO. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 23, n. 1, p.317-339, ago. 2011.

TANGERINO, Danilo Fávero; LOURENÇO, Rodrigo Tommasello. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 4093 - 4100.

TRATALOS, Jamie et al. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. **Landscape And Urban Planning**, [s.l.], v. 83, n. 4, p.308-317, dez. 2007. Elsevier BV.

USLU, Aysel; SHAKOURI, Nasim. Urban Landscape Design and Biodiversity. **Advances In Landscape Architecture**, [s.l.], p.428-454, 1 jul. 2013. InTech.

VAEZA, Rafael Franco et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.23-29, 2010.

VALE, Jones Remo Barbosa et al. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de medicilândia, Pará. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [s.l.], v. 4, n. 13, p.26-44, 23 abr. 2018. Universidade Federal do Maranhão.

VIEIRA, Carolina Haddad Souza Dias; BIONDI, Daniela. Análise da dinâmica da cobertura vegetal de Curitiba, PR (de 1986 a 2004), utilizando imagens Landsat TM. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.479-487, jun. 2008.

VOGEL, Huilquer Francisco; ZAWADZKI, Cláudio Henrique; METRI, Rafael. FLORESTAS RIPÁRIAS: IMPORTÂNCIA E PRINCIPAIS AMEAÇAS. **Saúde e Biol.**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.24-30, jun. 2009.

WAGNER, F. E.; WARD, John O.. Urbanization and Migration in Brazil. **American Journal Of Economics And Sociology**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.249-259, jul. 1980. Wiley.

WANG, Guangmei et al. Biodiversity conservation in a fast-growing metropolitan area in China: a case study of plant diversity in Beijing. **Biodiversity And Conservation**, [s.l.], v. 16, n. 14, p.4025-4038, 20 jul. 2007. Springer Nature.

WENG, Yen-chu. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. **Landscape And Urban Planning**, [s.l.], v. 81, n. 4, p.341-353, jul. 2007. Elsevier BV.

ZANETTI, Juliete et al. Análise crítica da evolução do satélite landsat. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DA FACIG, 1., 2015, Viçosa. **Anais...** . Viçosa: Facig, 2015. p. 1 - 7.

Zas, R. 2008. Autocorrelación espacial y el diseño y análisis de experimentos. Maestre, F.T., Escudero, A., Bonet, A. (Eds). **Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones**. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid – Espanha. pp, 541-590.

ZHOU, Xiaolu; WANG, Yi-chen. Spatial–temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. **Landscape And Urban Planning**, [s.l.], v. 100, n. 3, p.268-277, abr. 2011. Elsevier BV.