



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

SHIRLEY JOHANNA CRIOLLO HIDALGO

**MUDANÇA DA PAISAGEM GERADA PELA EXPANSÃO URBANA, ZONA NORTE  
DA CIDADE DE BOA VISTA – RR.**

BOA VISTA, RR.

2017

SHIRLEY JOHANNA CRIOLLO HIDALGO

**MUDANÇA DA PAISAGEM GERADA PELA EXPANSÃO URBANA, ZONA NORTE  
DA CIDADE DE BOA VISTA – RR.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPG-GEO) da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Linha de Pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Souza  
Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Tolrino de Rezende Veras

BOA VISTA – RR

2017

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

C931m Criollo Hidalgo, Shirley Johanna.

Mudança da paisagem gerada pela expansão urbana, zona norte da cidade de Boa Vista-RR / Shirley Johanna Criollo Hidalgo. – Boa Vista, 2017.

96 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Souza.

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Tolrino de Rezende Veras.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

1 – Expansão urbana. 2 – Mudança. 3 – Geografia. 4 – Geotecnologias. 5 – Paisagem. I – Título. II – Souza, Vladimir (orientador).

CDU – 911.375

Primeiro a Deus por me dar a força para continuar a luta.

Aos meus pais e irmão, Gina, Francisco e Martin que foram minha motivação para alcançar meus objetivos e me deram a coragem de estar longe de casa.

## **AGRADECIMENTOS**

Principalmente a Deus por toda a força para sair de casa e ser capaz de enfrentar este novo desafio na minha vida.

A Universidade Federal de Roraima e o programa de pós-graduação em geografia que me deu a oportunidade de ser parte de uma grande equipe nesta fase da vida estudantil.

Ao Professor Dr. Vladimir de Souza pela paciência, compreensão, confiança e conhecimento fornecido neste processo, muito obrigada.

À Coordenadora Professora Dra. Luiza Câmara Beserra, pelo seu profissionalismo, conhecimento e apoio para iniciar esta pesquisa e em sua disciplina.

A todos os professores que tive a agradável oportunidade de conhecer nesta experiência e pelos conhecimentos fornecidos.

Meus queridos amigos Liliana, Casandra, Milton, Oscar, Liseth, Patricio, Delia, Diana, Carolina e Nicole, que foram um apoio essencial para continuar com meu objetivo, obrigada por me levantar todas as vezes que eu precisei de vocês.

Para meus queridos pais e irmão que nunca me abandonaram nos momentos difíceis, que me ajudaram a dar cada passo com seu amor e paciência para ficar longe do meu país.

A minha família equatoriana que com cada palavra de encorajamento não me permitiu cair até cumprir com meus objetivos.

## RESUMO

O problema do processo acelerado da expansão urbana, nas últimas décadas na cidade de Boa Vista - Roraima é uma situação preocupante no contexto da conservação dos recursos naturais e mudança de paisagens. A dinâmica urbana da cidade passou por grandes transformações, fazendo com que áreas antes não ocupadas fossem ocupadas em áreas impróprias para a habitação. Por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto buscou-se analisar a mudança da paisagem da Zona Norte de Boa Vista, no período de 1996 a 2016. Para cumprir estes objetivos foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 sensor TM, CBERS 2 sensor CCD e Landsat 8 sensor OLI, as quais passaram por um processo de tratamento e auxiliaram na classificação supervisionada, usando o procedimento MAXVER para obter três mapas temáticos do uso e ocupação do solo da área e identificar a análise espaço temporal das mudanças da paisagem. Esses resultados foram feitos com auxílio dos softwares ENVI 4.8 e ArcGis 10, além de visitas de campo e revisão bibliográfica. Para o uso e ocupação do solo foram definidas cinco classes: vegetação arbórea / mata ciliar, savanas, corpos hídricos, urbano e solo exposto, os mapas foram gerados identificando as áreas mencionadas entre os três períodos (1996, 2005 e 2016), buscando através desta representação espacial facilitar a análise das principais linhas de crescimento urbano e da retirada de mata ciliar junto ao rio Cauamé. Foi observado nos mapas de cada período que a classe urbana fez pressão em relação às demais classes (32,76% em 1996, 35,05% em 2005 e 38,99% em 2016) e o aparecimento da classe de solo exposto indica também uma posição de possível avanço urbano. Os resultados incluem a taxa de crescimento urbano em porcentagem, para os anos de 1996 a 2005 um aumento de 6,97% e para o período de 2005 a 2016 um aumento de 11,28%. Enquanto a diminuição da mata ciliar nos bairros que ficam nas proximidades do rio Cauamé, considerado um dos mais importantes da cidade, obtiveram-se resultados no ano 1996 de 2,12 km<sup>2</sup>, para o ano 2005 de 2,02 km<sup>2</sup> e finalmente para o ano 2016 uma redução de 1,80 km<sup>2</sup>. Estas técnicas geográficas permitiram compreender que a situação da cidade pode se tornar grave se os organismos públicos ou ambientais não tomarem as medidas necessárias a tempo. A importância desta pesquisa é a construção de conhecimento atualizado e informações que podem ajudar no futuro para melhorar o planejamento ambiental e urbano da cidade para permitir preservar sua riqueza natural e ter estratégias sustentáveis.

**Palavras-chave:** Expansão urbana, mudança, geografia, geotecnologias, paisagem.

## ABSTRACT

The problem of accelerated process of urban expansion in recent decades in the city of Boa Vista-Roraima is a worrying situation in the context of conservation of natural resources and changes of landscapes. The urban dynamics of the city underwent great changes, making previously unoccupied areas occupied in areas unsuitable for housing. By means of Remote sensing techniques to analyze the changing landscape of the north side of Boa Vista, in the period from 1996 to 2016. To fulfill those objectives satellite images Landsat 5 TM sensor were used, CBERS and Landsat 8 CCD sensor 2 sensor OLI, which went through a treatment process and helped supervised classification, using the MAXVER procedure to obtain three thematic maps of land use and occupation of the area and identify the temporal analysis of landscape changes. These results were made with the help of ENVI 4.8 and ArcGis 10 software, in addition to field visits and literature review. For the map of use and occupation of the soil it was defined five classes: arboreal vegetation/forest, savanna, water, urban and exposed soil, the maps were generated identifying the areas mentioned within the three periods (1996, 2005 and 2016), seeking through this space representation to facilitate the analysis of the main lines of urban growth and the removal of riparian vegetation along the Cauamé River. It was noted on the maps of each period the urban class did pressure in relation to other classes (32.76% in 1996, 35.05% in 2005 and 2016 38.99%) and the appearance of exposed soil class also indicates a position of possible urban advance. The results include the urban growth rate in percent, for the years 1996 to 2005 increase of 6.97% and for the period of 2005 to 2016 of 11.28% increase. While the decrease of the riparian forest in the neighborhoods near the Cauamé River, considered one of the most important in the city, results were obtained in 1996 of 2.12 km<sup>2</sup>, for 2005 of 2.02 km<sup>2</sup> and finally for the year 2016 a reduction of 1.80 km<sup>2</sup>. These geographical techniques allowed to understand that the situation of the city can become serious if not public or environmental agencies not to take the necessary actions in time. The importance of this research is to build updated knowledge and information that can help in the future to improve the environmental and urban planning of the city to allow your natural wealth and preserve have sustainable strategies.

**Key words:** Urban expansion, changes, geography, geotechnologies, landscape.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo – Área urbana da cidade de Boa Vista - RR.....	34
Figura 2 - Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen – Aw: Verão úmido e inverno seco.....	35
Figura 3 – Beleza natural do Rio Cauamé, Banho Polar, bairro Paraviana.....	36
Figura 4 - Mapa geológico do Estado de Roraima .....	37
Figura 5 – a) Parte baixa do rio Branco, com exposições sedimentares pleistocênicas da região do Pantanal Setentrional; b) Sedimentação holocênica e níveis de turfas em ilhas do rio Branco. ....	38
Figura 6 – Serra Nova Olinda em meio ao pediplano a oeste da cidade de Boa V...39	
Figura 7 - Mapa de compartimentação geomorfológica do Hemigráben Tacutu, local onde está inserida a cidade de Boa Vista. ....	40
Figura 8 – Latossolo vermelho e vermelho – amarelo predominante na região de Boa Vista .....	41
Figura 9 - Vegetação Rio Cauamé, presença de espécies arbóreas-arbustivas.....	42
Figura 10 - Fluxograma das etapas metodológicas para elaboração da pesquisa....	45
Figura 11– Gráficos das curvas formadas das imagens Landsat 5 para o ano 1996 das bandas 1,2,3,4,5,6,7, CBERS-2 para o ano 2005 das bandas 1,2,3,4 e Landsat 8 para o ano 2016 das bandas 1,2,3,4,5,6,7,8.....	47
Figura 12 - Gráficos das correções atmosféricas, mudança nos histogramas da banda numero 1, nos anos 1996, 2005 e 2016 respectivamente.....	48
Figura 13 – Imagens de satélite finais aplicadas as técnicas de pré-processamento dos anos 1996, 2005 e 2016.....	53
Figura 14 – Dados censitários e estimativos da população de Boa Vista, conforme aos anos de estudo.....	57
Figura 15 – População por bairro da cidade de Boa Vista, zona norte. ....	58



Figura 16 – Características dos bairros da Zona Norte da cidade de Boa Vista - RR. .....	59
Figura 17 – Processo de expansão urbana da zona norte da cidade de Boa Vista para os anos de 1996 a 2016.....	61
Figura 18 – Percentagem da classe urbana nos anos 1996, 2005 e 2016 para a zona norte da cidade de Boa Vista. ....	62
Figura 19 – Taxa de crescimento da área urbana em percentagem dos períodos 1996 – 2005 e 2005 - 2016 da zona norte da cidade de Boa Vista.....	64
Figura 20 – Classes do uso e ocupação do solo, consideradas para o mapeamento da mudança no uso da terra da zona norte da cidade de Boa Vista – RR.....	67
Figura 21– Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR a partir da imagem de satélite Landsat 5 de 1996.....	69
Figura 22 – Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996, a partir da imagem de satélite Landsat 5. ....	70
Figura 23 – Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR a partir da imagem de satélite CBERS2 do ano 2005. ....	72
Figura 24– Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996, a partir da imagem de satélite CBERS2.....	73
Figura 25– Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista a partir da imagem de satélite Landsat OLI do ano 2016. ....	75
Figura 26– Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2016, a partir da imagem de satélite Landsat OLI.....	76
Figura 27- Mudança do solo, moradias em construção no bairro Paraviana nas proximidades do rio Cauamé.....	79
Figura 28- Impactos ao médio ambiente, presença de lixo no bairro Paraviana nas proximidades do rio Cauamé.....	80
Figura 29- Porcentagem da retirada de vegetação nas proximidades do rio Cauamé pela expansão urbana dos bairros da Zona norte da cidade de Boa Vista - RR.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bairros da zona Norte da Cidade de Boa Vista e sua população.....	34
Tabela 2- Características das imagens ópticas dos satélites Landsat/5, CBERS – 2 e Landsat 8.....	43
Tabela 3 – Valores de OIF obtidos para a imagem Landsat 5 TM 1996 .....	50
Tabela 4– Valores de OIF obtidos para a imagem Landsat 8 OLI 2016.....	51
Tabela 5– Escala de importância – índice Kappa. ....	55
Tabela 6 – Área em km <sup>2</sup> e percentagem da classe urbana em relação as outras classes dos anos 1996, 2005 e 2016.....	63
Tabela 7 – Taxa de crescimento da área urbana da zona Norte da cidade de Boa Vista dos anos 1996, 2005 e 2016.....	63
Tabela 8 – Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996 .....	70
Tabela 9 – Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2005.....	73
Tabela 10– Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2016.....	77
Tabela 11- Quadro da pavimentação e calçamento de vias com destaque para os bairros da zona norte da cidade de Boa Vista.....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	15
1.1.1	<b>A problemática da expansão urbana e a relação com o meio ambiente .15</b>	
1.1.1.1	Breve histórico de expansão da cidade de Boa Vista/RR .....	20
1.1.2	<b>Mudança da paisagem nas margens dos rios e ocupações antrópicas em corpos hídricos.....</b>	<b>22</b>
1.1.3	<b>Geotecnologias .....</b>	<b>25</b>
1.1.3.1	Sensores Remotos e multitemporalidade .....	26
1.1.3.2	Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	30
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>32</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	32
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	32
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
3.2	CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA DA AREA DE ESTUDO.....	35
3.2.1	<b>Clima e Hidrografia.....</b>	<b>35</b>
3.2.2	<b>Geologia .....</b>	<b>36</b>
3.2.3	<b>Geomorfologia.....</b>	<b>38</b>
3.2.4	<b>Solos.....</b>	<b>40</b>
3.2.5	<b>Vegetação .....</b>	<b>41</b>
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
3.3.1	<b>Pré-processamento das imagens .....</b>	<b>46</b>

<b>3.3.2 Classificação do uso e ocupação do solo e análise multitemporal da área de estudo.....</b>	<b>54</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
4.1 O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA E AUMENTO POPULACIONAL ..	56
4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ZONA NORTE DA CIDADE DE BOA VISTA .....	66
4.3 ANÁLISES DA RETIRADA DE VEGETAÇÃO CILIAR NAS PROXIMIDADES DO RIO CAUAMÉ ATRAVÉS DA CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO. ....	79
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas contribui, indiscutivelmente, com o avanço da exploração dos recursos naturais. Em função disto, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial, principalmente nas áreas com intervenções antrópicas. A exploração destes recursos produzem certos riscos ambientais e naturais, e a dimensão social destes justifica-se pelo número crescente de indivíduos a eles expostos, provocando assim o conhecido crescimento demográfico em zonas urbanas.

Segundo Bonato (2002) o processo de crescimento e desenvolvimento urbano pode indicar as tendências futuras, ressaltando que o conhecimento das limitações e potencialidades ambientais locais, envolvidos nos processos de mudança regional, constituirão uma base sólida para a tomada de decisões orientadas à minimização dos impactos negativos decorrentes destes processos.

Esses processos de crescimento ocorrem, geralmente, sem nenhum tipo de planejamento, o que implica na ocupação desordenada de espaços não compatíveis à urbanização, o que vem provocando o aprofundamento das contradições entre o ambiental e o social (SPÓSITO, 2003).

A ampliação do conhecimento nas implicações de modificação da paisagem em relação ao processo de urbanização na zona Norte da cidade de Boa Vista é relevante nesta pesquisa, pois dentro deste processo de crescimento as ocupações periféricas espalham-se no meio urbano, criando um ambiente segregado e impactado, produzindo a degradação ambiental.

A cidade de Boa Vista apresenta como processo marcante de ocupação a expansão desordenada em virtude dos vários ciclos econômicos que culminaram em ocupações irregulares e em alguns casos com riscos ambientais preocupantes. Nos últimos 30 anos a cidade de Boa Vista passou por alterações significativas no seu espaço, com a superposição da paisagem urbana sobre seus ambientes naturais (NETO et al., 2006) e a problemática deste cenário de mudanças ocasiona uma rede de malhas desiguais porque as políticas públicas não acompanham o processo desvalorizando o espaço.

Conforme Morim e Cordeiro (2004) relatam que esse processo de ocupação antrópica inadequada nessas áreas gera uma cadeia de impactos ambientais, que

passa pela impermeabilização do solo, alterações na topografia, erosão das margens e assoreamento dos cursos de água, perda das matas ciliares, diminuição da biodiversidade, aumento do escoamento superficial, e outros.

O presente trabalho teve como proposta realizar uma análise da mudança na paisagem da zona Norte da cidade de Boa Vista, Estado de Roraima causada pela expansão urbana. Este esforço foi baseado principalmente em informações oriundas de Sensores Remotos, na utilização de Técnicas de Geoprocessamento e na tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica.

Um impacto potencial apontado neste trabalho foi à retirada de mata ciliar no rio Cauamé, pois esta pode gerar diferentes tipos de problemas como, por exemplo, as inundações, porquanto o processo de expansão urbana nesta zona pode estar criando este fenômeno natural, principalmente por causa das possíveis consequências que podem ter em áreas onde há interesses humanos.

O senso comum tem construído algumas suposições acerca da degradação ambiental em áreas urbanas. Acredita-se que os seres humanos, ao se concentrarem num determinado espaço físico, aceleram os processos de degradação ambiental que cresce na proporção que a concentração populacional aumenta. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão e a expansão desordenada das áreas urbanizadas é a causa principal de degradação ambiental do meio natural devido ao seu significativo crescimento demográfico e territorial.

Neste sentido as mudanças da paisagem na zona norte da cidade de Boa Vista, analisadas por imagens de satélite demonstram que essas mudanças ocorreram em virtude do processo de expansão urbana, além de apresentar mapas com classificação do uso e ocupação do solo que podem auxiliar para procedimentos técnicos e novas metodologias.

Na estrutura do trabalho foram considerados vários aspectos, na primeira parte a pesquisa documental, informações bibliográficas sobre análises temporais, crescimento urbano, impactos ambientais sobre a retirada de mata ciliar, informações gerais sobre a expansão urbana de Boa Vista e geotecnologias visualizadas a sensores remotos. Na sequência foram explicadas as propostas metodológicas que incluem a caracterização dos aspectos fisiográficos da área de

estudo, a elaboração e a organização de bases de dados cartográficas e mapas temáticos e de análise temporal em relação à expansão urbana, nos anos 1996, 2005 e 2016 com a ajuda de sensores remotos e softwares.

## 1.1 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 1.1.1 A problemática da expansão urbana e sua relação com o meio ambiente

O acelerado processo de urbanização tem provocado grandes alterações na paisagem, as cidades crescem ocupando áreas que anteriormente eram utilizadas para o desenvolvimento de atividades econômicas ligadas ao campo, tendo como consequência a ocupação irregular de diversas áreas, trazendo prejuízos diretos na qualidade ambiental e de vida das populações envolvidas e que na maioria das vezes, esta urbanização não é acompanhada de políticas públicas eficientes.

Esse modo de vida da sociedade, atualmente, vem sendo responsáveis por influências diretas e indiretas na quantidade, qualidade, variedade dos recursos disponíveis, ocasionando a valorização e revalorização do solo, produção, expansão, potencialidades, usos, manifestações, ocupações, trocas, trabalho, infraestrutura, entre outros fatores positivos e negativos (FARIAS; GRIGIO; TORQUATO, 2013).

A crescente urbanização, conforme destaca Lombardo (1985), constitui uma preocupação de todos os profissionais e segmentos ligados à questão do meio ambiente, pois as cidades avançam e apresentam um crescimento rápido e sem planejamento adequado, o que contribui para uma maior deterioração do espaço urbano.

A urbanização tem causado muitos impactos no meio ambiente, o resultado ambiental do processo de urbanização do Brasil é descrito por Mota (1999), como causador de graves mudanças ambientais seja através da utilização de recursos naturais ou pela emissão de resíduos. Ainda segundo o autor, as principais alterações provocadas pelo homem são: o desmatamento; movimentos de terra; impermeabilização do solo; aterramento de rios, riachos, lagoas, etc.; modificações nos ecossistemas; poluição ambiental e alterações de caráter global como efeito estufa e destruição da camada de ozônio.

Em termos ambientais os riscos e prejuízos causados pela ocupação desordenada das áreas metropolitanas são consideráveis. O desaparecimento da biodiversidade animal e vegetal, das fontes hídricas e a contaminação do meio físico são exemplos mais frequentes.

Na Amazônia podem-se destacar os trabalhos de Rodrigues (2008) no concernente a riscos provocados pela ação da sociedade, como também de Silva Júnior (2010) em se tratando de risco à inundação.

Novas áreas de expansão urbana estão se constituindo na periferia das cidades, como um novo e eficaz mercado imobiliário, principalmente em áreas de especial beleza natural, relativamente plana, de fácil ocupação urbana, alta acessibilidade e proximidade ao centro, quanto em lugares deficitários de infraestrutura e/ou com alta declividade. Estes lugares geralmente possuem um valor hídrico especial por abrigar inúmeras nascentes de rios, lagos de represas, constituindo um meio ecológico frágil, por ser de fácil erosão e contaminação pelo esgoto, resíduos sólidos e lixo, devendo observar rígidas normas e leis para ocupação e uso da terra, tanto para fins de habitação, quanto para outros tipos de manejo, apontando para os diferentes problemas de risco e vulnerabilidades a que estão sujeitas as populações urbanas ricas e pobres (AZEVEDO, 2002).

Em um estudo de análise temporal da mancha urbana da região de Lagoa Santa/MG desenvolvido por Viera, Souza e Lopes (2015), estes observaram que o crescimento da mancha urbana até 2014 foi de 246,15 % em relação a 1984. Em 1984 observou-se que a mancha principal correspondia a 75,9 % da área total e as periféricas, 24,1 %. Os dados demográficos de Lagoa Santa demonstraram um aumento populacional de 29.824, em 1991, para 58.702 habitantes em 2014 (população estimada pelo IBGE em 2014). Os meios para geração de emprego e oportunidades no comércio são estimulados pelas ações do estado e prefeitura municipal através de projetos de infraestrutura, incentivos fiscais de médios e pequenos empreendedores, segurança pública, locais de lazer e outros, sendo o reflexo dessa ação visto na ampliação da mancha urbana. Entretanto, aumentam o fluxo do trânsito local, a especulação do mercado imobiliário, e outros fatores que podem se tornar um problema no futuro, como consequência direta do aumento populacional.



O avanço da urbanização sobre o meio natural, de maneira desordenada, tem causado a degradação progressiva das áreas de mananciais, implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio. O parcelamento indiscriminado do solo nas periferias urbanas é uma das principais fontes de problemas ambientais das cidades (BRAGA; CARVALHO, 2003).

Conforme Amorim (1993), a qualidade de vida está diretamente ligada à qualidade do ambiente, e para determinar esta qualidade deve-se levar em consideração vários elementos como, por exemplo: presença de vegetação, densidade populacional, uso e ocupação do solo, clima. Desta forma, áreas verdes, baixa densidade populacional, lotes e moradias adequadas e condições climáticas favoráveis, são de extrema relevância para ter uma qualidade ambiental e de vida adequada.

Segundo Grostein (2001) no processo de urbanização, deve-se estar atento em sua componente físico-urbanística, pois relaciona-se com as seguintes variáveis: a forma de ocupar o território; a disponibilidade de insumos para seu funcionamento (disponibilidade de água); a descarga de resíduos (destino e tratamento de esgoto e lixo); o grau de mobilidade da população no espaço urbano (qualidade do transporte público de massa); a oferta e o atendimento às necessidades da população por moradia, equipamentos sociais e serviços; e a qualidade dos espaços públicos. Dessa forma, as políticas que sustentam o parcelamento, uso e ocupação do solo e as práticas urbanísticas que viabilizam estas ações têm papel efetivo na meta de conduzir as cidades no percurso do desenvolvimento sustentado.

Considera-se, de maneira geral, que a qualidade de meio ambiente constitui fator determinante para o alcance de uma melhor qualidade de vida. Assim sendo, Machado (1997) salienta que a qualidade ambiental está intimamente ligada à qualidade de vida, pois vida e meio ambiente são inseparáveis, o que não significa que o meio ambiente determina as várias formas e atividades de vida ou que a vida determina o meio ambiente. Na verdade, o que há é uma interação e um equilíbrio entre ambos que variam de escala em tempo e lugar.

O processo de expansão urbana consiste em várias ações de caráter insustentáveis, como o desmatamento que provoca o desaparecimento de espécies da fauna e flora; o aterramento dos corpos hídricos, que culmina com a extinção dos

organismos aquáticos; a disposição de resíduos sólidos em locais inadequados, causando a contaminação do solo, ar e água, entre outras ações. Os igarapés, nome regional para rios de pequena ordem, são componentes importantes da floresta (LIMA; GASCON, 1999).

Conforme constatação feita por Dias (2002, p.15) “os seres humanos agora constituem uma espécie majoritariamente urbana” e o processo de transição foi incapaz de prever o uso e a ocupação do solo de forma planejada, como consequência as cidades começaram a ter problemas na sua infraestrutura.

Uma série de fatores, como a expansão urbana desordenada, a industrialização e a exploração dos recursos naturais, entre outros, têm influenciado negativamente na salubridade ambiental. As unidades de conservação estão inseridas nesse cenário como agentes reguladores da utilização irracional da natureza e como instrumento de educação ambiental a partir de atividades recreativas (FERREIRA; CORDEIRO; OLIVEIRA, 2011).

Num trabalho realizado por Silva (2015) foi feita a análise espaço temporal da mudança da paisagem de 1985 a 2014 da cidade de Boa Vista em virtude da expansão urbana que avança sobre os igarapés, brejos e lagos da zona oeste da cidade, observou se que há necessidade de monitorar e implementar ações conjuntas do poder público para inibir a ocupação de APPs e planejamento para o crescimento da cidade levando em consideração o que determina a legislação para que não haja o desaparecimento dos lagos/nascentes que são importantes para dinâmica dos corpos hídricos da cidade de Boa Vista.

Assentamentos irregulares são geralmente assentamentos densos que cobrem comunidades ou indivíduos alojados em casas auto-construídas e em péssimas condições de vida. Eles são formados por ocupações espontâneas, terrenos públicos ou privados, sem reconhecimento legal, ampliando as bordas das cidades em áreas marginalizadas, que estão regularmente nas franjas de áreas urbanas ou em áreas com altos riscos para as famílias se estabelecerem lá (encostas íngremes, solos instáveis, planícies de inundação ao longo das margens de rios e córregos).

Uma maneira de evitar esse problema é a criação de legislações que proíbem assentamentos humanos em áreas suscetíveis a inundações. Essas áreas seriam

melhores áreas de proteção ambiental, assim as perdas sócioeconômicas e ambientais seria o uso mínimo.

Segundo Ribeiro (2016), num trabalho realizado sobre risco de inundação na cidade de Boa Vista – RR, constatou-se que 63,6% da área total da cidade (limite segundo o Plano Diretor de 2006) está sob baixo risco de inundação, 8,8% encontra-se em médio risco à inundação e 27,6% está sob alto risco à inundação, concentrados especificamente nas bacias hidrográficas Caxangá, Frasco e Pricumã.

A ocupação desordenada às margens de rios configura, em períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública marcado por ocorrência de desabrigados, desabamento de moradias, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenças de veiculação hídrica. Tal quadro é cíclico, pois, após o evento de enchente, tendo o nível de água voltado ao seu curso normal, a população das áreas afetadas retorna ao espaço anteriormente ocupado ficando a mercê do próximo evento.

Com esta expansão os mananciais passaram por mudanças em seu uso como aterramentos de lagos para construção de moradias, obras de drenagem em áreas inundáveis, canalização de igarapés, entre outras ações que promoveram mudança e degradação dos seus cursos, o que demonstra ausência de planejamento habitacional adequado (PINHEIRO; ALVES; OLIVEIRA, 2011).

No trabalho desenvolvido por Santos e Freire (2014), a partir da análise do crescimento populacional no espaço urbano, levantadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi feita a comparação do crescimento territorial urbano com o crescimento populacional de Uberlândia no período de 1985 a 2013. Com a comparação do crescimento populacional e expansão territorial, foi possível analisar que Uberlândia tem um crescimento constante, porém o crescimento da população foi maior que a expansão territorial, mostrando o adensamento urbano que em ocorrendo na cidade.

Desta forma, as mudanças são inevitáveis e produzidas ao logo do tempo em um determinado espaço produzido pelo homem, mas este processo de expansão do espaço urbano deve-se fazer com os conteúdos sociais da urbanidade adequados e avaliar os processos de distribuição desigual dos equipamentos e infraestruturas urbanas e sociais, para permitir o acesso mais equitativo a melhores condições de vida nas cidades.

### 1.1.1.1 Breve histórico de expansão da cidade de Boa Vista/RR

O traçado atual da cidade de Boa Vista foi inicialmente planejado e modernamente desenhado por Alexandre Dernusson na década de 1940, com avenidas largas que convergem para o centro em forma de leque. No entanto, sua estética e estrutura não foram preservadas, principalmente, devido, ao processo migratório explosivo das últimas décadas. Esta expansão acelerada ocasionou uma série de conflitos sócioespaciais, que de modo geral propiciaram a degradação ambiental, precariedade de serviços públicos urbanos, sobrecarga da infraestrutura existente e falta de acesso a terra, à renda e moradia adequada (VERAS, 2008).

O crescimento populacional de Boa Vista manteve-se tímido até a década de 1970, mas depois desta, as taxas de crescimento registraram saltos significativos. Dentre os fatores que impulsionaram essa expansão destaca-se a construção da BR 174, que em 1977 foi liberada ao tráfego interligando as cidades de Manaus e Boa Vista; até essa data essa ligação se dava apenas por via aérea ou fluvial em algumas épocas do ano quando o rio Branco permitia a navegação (SANTOS, 2014).

A abertura dos garimpos nas décadas de 1980 e 1990 foi outro fator que também incentivou a vinda de um número considerável de imigrantes. No entanto, esse processo de imigração trouxe para o estado apenas grupos de homens sozinhos, desacompanhados da família e não deram uma contribuição tão significativa ao aumento do contingente populacional de Boa Vista. A maior contribuição dada ao crescimento da população boa-vistense foi dada pelas centenas de famílias que chegaram a Roraima nesse mesmo período, atraídas pela divulgação das facilidades encontradas no estado, como por exemplo, distribuição de alimentos, terras, ferramentas e outros bens (FREITAS, 1997).

Para Silva (2007) após os anos 1980 ocorreu a incorporação de novas áreas mediante a proliferação desordenada de loteamentos, respondendo especialmente a interesses políticos de assentamentos de migrantes que eram induzidos a se deslocarem para Boa Vista.

Por todas estas razões, houve uma desordenada expansão da área urbana desta cidade resultando a criação de novos bairros, os quais são identificados como em zonas, sendo estas: norte, sul, leste e oeste de acordo com a lei municipal nº 244 do Plano Diretor de BOA VISTA (1991) que tratava da promoção de

desenvolvimento urbano, zoneamento, uso e ocupação do solo, sistema viário e parcelamento do solo.

Conforme Silva (2007), Boa Vista possui três espaços urbanos diferentes: a) arruamentos históricos do núcleo embrionário, b) o espaço intercalado entre as avenidas Terêncio Lima e Major Williams e o rio Branco, no qual é o projeto urbanístico e c) tecido urbano que se desenvolve após esses limites do projeto.

Segundo Falcão et al., (2008) a partir de 2000 inicia-se um período do rompimento da configuração planejada, foi um período desordenado por invasões de terrenos indicado pelo poder público e com isto, construções de edificações irregulares se expandiram levando a formação de vários bairros indo em direção ao círculo hídrico.

Os limites de expansão da cidade da cidade de Boa Vista foram estabelecidos pela Lei municipal de nº 1359, de 21 de julho de 2011. Em seu Art. 1º o perímetro da área consolidada e de expansão urbana deste município totaliza uma área de 50.359,7572 h e 100.547,63m de perímetro (SANTOS, 2014).

Segundo Pinheiro et al., (2008), o aumento populacional exacerbado dos últimos 30 anos reflete as complexas relações entre processos de políticas ambientais, populacionais, públicas e de desenvolvimento, que resultam em paisagens urbanas contrastantes. De um lado, tem-se a cidade previamente planejada, bem servida de infraestrutura, bens e serviços. Por outro lado, se vêem ambientes sem infraestrutura, bairros precariamente adensados, ruas de traçado irregular, povoadas por moradias precárias.

Num trabalho realizado por Silva (2014) pode ser observar um comparativo entre as décadas de 40, 70 e período atual (1943, 1975 e 2014). Boa Vista em 1943, possuía uma área urbana de 32,86 km<sup>2</sup> em 1975, essa área passou para 62,88 km<sup>2</sup>, e em 2014 aumentou para 131,19 km<sup>2</sup>, um aumento de 299,23% na expansão urbana desde 1943, acarretando uma pressão devida à expansão urbana ao longo da planície do rio Cauamé.

O fator que mais contribuiu para expansão urbana de Boa Vista nesses períodos se deve principalmente às iniciativas dos dois períodos de governo; Ottomar de Souza Pinto, entre 1979 e 1983 e entre 1991 e 1995 intercalado pelo governo de Romero Jucá, entre 1987 e 1989, quando estes estimularam o

surgimento de novos bairros com uma política de incentivo migratório (VALE 2007; SILVA, 2009).

Com a expansão da área urbana da cidade de Boa Vista, hoje a cidade destaca a maior concentração populacional na zona oeste com 229.454 habitantes (IBGE, 2010), e a menor na zona leste com 4.949 habitantes (IBGE, 2010).

Num trabalho realizado por Ribeiro (2016) com o uso de geotecnologias, o uso e cobertura do solo permitiu conhecer que a área urbana de Boa Vista cresceu 7,58%, significando em números absolutos que houve uma passagem de cerca de 60 mil habitantes de 1985 para cerca de 290 mil em 2014.

### **1.1.2 Mudança da paisagem nas margens dos rios e ocupações antrópicas em corpos hídricos**

A urbanização é um processo relativamente recente da humanidade, iniciando-se primeiramente nos países ricos no século XVII, atingindo no século XX os países subdesenvolvidos com mais intensidade. O início do século XXI marcou o momento em que a população mundial tornou-se majoritariamente urbana (SANTOS, 2014). Como consequência, observa-se uma acelerada alteração das paisagens naturais, e as cidades avançam sobre áreas que antes eram ocupadas por vegetação nativa, fazendo ao meio ambiente urbano cada vez mais antrópico.

Segundo Vale (2007), a posição do homem e suas relações constituem o mais importante fator de influência na gênese das formas da paisagem, sujeitas a mudanças pelo desenvolvimento de técnicas ou sobreposição de culturas, onde o sujeito expressa o seu lugar na natureza como um sujeito modificador das condições naturais originais.

Reis Neto (2007) menciona que na depressão de Boa Vista encontram-se inseridas a cidade de Boa Vista, centro político e administrativo, local de maior aglomeração urbana no estado e, em seu entorno, se observa com mais intensidade a ação antrópica constante, contribuindo de modo significativo para a modificação da paisagem.

Essas modificações das paisagens vêm se intensificando devido à rápida expansão urbana por que passou Boa Vista nas últimas décadas, principalmente nos bairros residenciais periféricos, ocupados geralmente por população de baixo

poder aquisitivo, o que levou a ocupação de sítios instáveis, descaracterizando o mosaico original da vegetação e criando graves problemas de degradação ambiental nas áreas de lagos e nascentes de igarapé (REIS NETO, 2007).

Segundo o trabalho realizado por SANTOS (2014), ao longo dos anos o avanço da expansão urbana tem causado o desaparecimento e deformação de nascentes das bacias dos igarapés Frasco e Auaí Grande na cidade de Boa Vista, gerando problemas ambientais (poluição da água) e sócias (inundações).

De acordo com Selles et al. (2001), ao longo do processo de ocupação, as sucessivas administrações vêm negligenciando a necessidade de espaço ao longo dos rios e acabam por sua vez autorizando essas ocupações inadequadas ao longo das faixas marginais de proteção, agravando a situação ecológica dos rios.

Chagas (2005) ressalta que o poder público que estabelece os limites administrativos das cidades, incluindo o uso do espaço, não tem sido capaz de ordenar a correta ocupação humana, principalmente nas adjacências de reservas de água doce (rios, lagos e igarapé), que estão entre os ambientes, mas ameaçados do planeta e sofrem contínuas agressões quando são desmatados, eutrofizados, com o lançamento de dejetos domésticos, indústrias e agrícolas além de resíduos sólidos não tratados.

As matas que recobrem as margens de rios e suas nascentes recebem o nome popular de Matas Ciliares. Segundo Martins (2001), diferentes termos têm sido utilizados para caracterizar a vegetação ciliar, dentre os quais citam-se Florestas Ripárias, Matas de Galeria e Florestas Beiradeiras. Essas formações são importantes na sustentação do regime hídrico da bacia hidrográfica, conservação da fauna e na estabilidade dos ambientes onde estão inseridas (RODRIGUEZ et al., 2004). Esses ambientes, considerados Áreas de Preservação Permanentes (APP's), possuem inúmeras funções na dinâmica de uma bacia hidrográfica, sendo importantes para a manutenção da integridade dos processos hidrológicos e ecológicos nessas unidades da paisagem, além de oferecer proteção para as águas e o solo, mantendo a qualidade da água e impedindo a entrada de poluentes para o meio aquático.

Segundo Netto et al (2007) a urbanização nas margens dos corpos hídricos, contribui diretamente para a alteração, ou destruição da mata ciliar, e vai contribuir

para o processo de erosão, nas áreas de dinâmicas de encosta, e inundação, nas áreas de dinâmicas fluviais.

O Código Florestal Brasileiro, Lei Nº 4.771/65, inclui às áreas de preservação permanente, as faixas marginais dos corpos d'água cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações.

A degradação dos recursos hídricos tem sido detectada e mudanças, institucionais quanto legislativas têm sido requeridas. O uso indiscriminado de rios provoca mudanças ecológicas, causando sérias modificações na paisagem e no regime fluvial, além de alterar a disponibilidade dos habitats e a composição trófica do ambiente aquático. (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

No Brasil, as populações menos favorecidas economicamente, são obrigadas a ocupar áreas por vezes impróprias para habitação, a exemplo de áreas de mananciais e os resultados são as mesmas inundações, além disso, o solo, através da retirada da cobertura vegetal e do aumento das superfícies impermeáveis, assim como as constantes modificações na morfologia dos lagos, nascentes, dos igarapés e rios vêm alterando drasticamente a geomorfologia local (NETO et al., 2006).

Uma das consequências, quase inevitáveis do uso descontrolado dos ambientes aquáticos, são as acelerações de processos eutrofizantes e degradativos desses sistemas e da qualidade da água. Em vista, disso, múltiplos impactos humanos têm sido responsáveis pela deterioração da qualidade ambiental de bacias hidrográficas extremamente importantes no território brasileiro (CALLISTO et al. 2002).

Conforme um estudo realizado por Neves, Rodriguez e Pinheiro (2011), os autores afirmam que nas proximidades dos bairros da zona Norte no rio Cauamé foi notada a presença de unidades habitacionais às suas margens no período chuvoso, observou-se ainda que pequena faixa de mata ciliar ainda é mantida, no entanto, já comprometida com a presença humana, que estão trocando a mata primária por outras opções de cultura.



### 1.1.3 Geotecnologias

O avanço tecnológico tem causado grande influência na pesquisa geográfica estando relacionada com o aparecimento das geotecnologias, que atualmente estão sendo bastante usadas em diversas áreas do conhecimento, como uma das principais ferramentas no estudo e análise de diversos fenômenos como, por exemplo, urbanos, ambientais, sociais e econômicos.

Segundo Fitz (2008), as geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas em ações de planejamento em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

As geotecnologias também conhecidas como Geoprocessamento confere uma fortaleza à análise das informações espaciais sobre o território, permitindo integrar os dados em uma base digital agilmente atualizável, desenvolver modelos diagnósticos e prognósticos da realidade local, avaliar e analisar as informações geradas, estabelecer uma estratégia de gestão e implementação das ações e possibilitar o contínuo monitoramento e validação controlada dos processos de transformação da paisagem (BONNATO, 2002).

Para analisar a mudança da paisagem nas áreas de estudo, os usos das geotecnologias servirão como instrumento prático no apoio desta pesquisa e como uma ajuda confiável, conforme destaca Spironello (2002), evidenciando a utilização do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento como técnicas que permitem aos pesquisadores o acesso a informações precisas e de evidência confiável sobre o espaço geográfico, em um curto espaço de tempo.

Observou-se num trabalho realizado por Nunes et al., (2015) sobre os diagnósticos de conflitos de uso do solo através de técnicas de geoprocessamento servem como subsídio para os órgãos públicos municipais na tomada de decisões em eventuais intervenções que poderão ocorrer em anos subsequentes nas Áreas de Preservação Permanente. Principalmente, tratando-se de atividades de recuperação, monitoramento de desmatamentos e estudos de diversidade de flora e a fauna.

### 1.1.3.1 Sensores Remotos e multitemporalidade

Novo (2002) relata que o sensoriamento remoto pode ser definido como: “a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles”. Evidencia-se que essa tecnologia compreende na aquisição das informações sobre os objetos ou fenômenos que se dá a partir da utilização de sensores, equipamentos capazes de coletar a energia proveniente dos objetos, convertendo-a em sinal passível de ser registrado e apresentado em forma adequada à extração de informações.

Assim, Florenzano (2002) define que o Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite adquirir imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida, ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados; e remoto, significa distante, pois essa nomenclatura está relacionada à funcionalidade da obtenção dos dados que é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre.

A utilização das imagens obtidas por meio do Sensoriamento Remoto é feita através da técnica do Processamento Digital de Imagens (PDI), este por sua vez, tem a finalidade de facilitar a análise e interpretação das imagens para um melhor entendimento do usuário. Crósta (1992) define o PDI como a análise e manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem, transformando-a de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano.

Segundo Bonnato (2002) com o desenvolvimento das técnicas de teledetecção, sobretudo nas últimas duas décadas, tem aumentando a preocupação acerca das mudanças globais do ambiente, evidenciando-se que o principal fator de ameaça à conservação da diversidade ambiental, consiste na fragmentação e homogeneização da paisagem pela ação antrópica.

Num trabalho desenvolvido no Equador por Criollo e Fiallos (2012), analisou-se a situação do Cantão Ambato, aplicando ferramentas de GIS, com base em um diagnóstico dos componentes abióticos, bióticos e sócio-econômica, constam os critérios de um zoneamento ecológico-econômico, uma análise multitemporal do avanço da fronteira agrícola e o desenvolvimento de uma proposta de um plano de gestão que favorece os páramos da frente ocidental da mesma área para alcançar o

uso sustentável dos recursos e uma melhor qualidade de vida para seus habitantes. Os resultados desta pesquisa no zoneamento ecológico-econômico mostram que o cantão tem zonas de proteção (289,47 km<sup>2</sup>), áreas de regeneração (347,57 km<sup>2</sup>), áreas de agricultura com limitações (129,34 km<sup>2</sup>), áreas agrícolas e pecuárias sem limitações (222,53 km<sup>2</sup>) e áreas urbanas consolidadas (8.50 km<sup>2</sup>). A taxa de crescimento da fronteira agrícola (Km<sup>2</sup> / ano) entre 1986 e 1999 nos páramos é 3,69, enquanto no período de 1999 a 2010 tem um crescimento de 10.55, valores que podem aumentar ainda mais se não forem tomadas as medidas adequadas.

Considerando os atuais meios tecnológicos e as obtenções de imagens por sensores remotos pode-se afirmar que as mesmas desempenham uma contribuição importante na identificação dos diferentes estudos ambientais e usos do espaço natural ou antrópico.

A classificação de imagem se insere no PDI, já que a mesma tem a funcionalidade de manipulação dos dados raster (imagem). Figueiredo (2005) enfatiza a classificação como um processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns. Essa classificação é dividida em supervisionada e não supervisionada.

Na *classificação não supervisionada*, o computador decide quais as classes a serem separadas e quais os pixels pertencentes a cada uma (CRÓSTA, 1992). O próprio computador define as classes componentes e atribui cada um dos pixels a uma das classes.

A *supervisionada* é utilizada quando se tem algum conhecimento prévio sobre as classes na imagem, de modo a permitir ao analista definir sobre a mesma, áreas amostrais das classes. Estas áreas amostrais são utilizadas pelos algoritmos de classificação para identificar na imagem os pontos representativos das classes. Na classificação supervisionada, um dos modos do critério de enquadramento dos pixels é o de Máxima Verossimilhança (MAXVER). Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

Num artigo realizado por Souza et al., (2012) faz uma análise multitemporal do uso/ocupação do solo na Zona de Expansão Urbana Norte de Londrina-PR entre os anos de 1987 e 2004, utilizando imagens dos satélites Landsat-5 e Spot- 5. Foram aplicadas as imagens técnicas de processamento digital (PDI) como

combinações coloridas (falsa cor), transformação IHS (Intensity, Hue, Saturation) e classificação supervisionada de máxima verossimilhança (MAXVER), com intuito de obter as classes de uso/ocupação do solo. Os resultados obtidos são apresentados em mapas temáticos mostrando qualitativamente e quantitativamente a real condição do uso e ocupação do solo, constatando que a região não vem sendo preservada ambientalmente segundo as legislações estabelecidas.

As técnicas de sensoriamento remoto, nesse sentido, consistem na utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, e plataformas aéreas ou espaciais (NOVO, 2002) que permitem a obtenção de imagens e outros tipos de informações da superfície terrestre através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2002).

Elas permitem, além de levantar dados de elementos do meio urbano, caracterizar a espacialização temporal das alterações ocorridas nele. A produção de mapas como suporte para análise espacial de fenômenos está entre as principais aplicações dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mostrando também ser útil para a análise de áreas urbanas. Sua aplicação permite realizar o tratamento e representação computacional de dados geográficos e recuperar informações através de sua localização espacial (CÂMARA E MONTEIRO, 2001; CÂMARA E QUEIROZ, 2004).

Num trabalho realizado por Silva e Diniz (2005), se elaborou um mapa de uso do solo e cobertura vegetal natural do município de Uberlândia do ano de 2002 e a análise das transformações ocorridas no uso do solo no município entre os anos de 1988 e 2002. Os resultados mostraram que houve um aumento na área ocupada por agricultura, passando de 15,7% para 25,6%, esse aumento foi resultado do incremento na área plantada das culturas de soja e milho. Por outro lado, houve um decréscimo nas áreas ocupadas por pastagens, passando de 54,8% para 45,7% e das áreas de reflorestamento, passando de 8,7% para 5,6%.

Um dos maiores desafios do planejamento do uso da terra é o que se refere ao uso sustentável do ambiente que se baseia em uma dinâmica de transformação com igual ênfase nas dimensões ambientais e humanas da paisagem e na consideração de intervalo temporal que abranja diferentes gerações humanas (FORMAN, 1995).

Ribeiro (2016), num trabalho onde foi feito o recorte espaço-temporal da cidade de Boa Vista no estado de Roraima entre os anos de 1985 e 2014 mostrou dinâmicas intensas, associadas ao uso e cobertura do solo, os quais contemplam variáveis humanas (ocupação) e físicas (declividade, drenagem etc).

Neste sentido a utilização de produtos de sensoriamento remoto, tais como imagens e fotografias aéreas, associadas aos SIG's tornam-se de fundamental importância, pois, contribuem com a análise da dinâmica temporal da transformação de determinadas áreas.

Numa pesquisa desenvolvida por Falcão, Burg e Costa (2015), com o uso de imagens de satélite de diferentes datas mostrou-se de grande importância para o mapeamento de áreas desmatadas e ocupadas nas APP, diagnóstico da existência de lagos no espaço urbano e as áreas que foram ocupadas na cidade de Boa Vista. O cruzamento dessas variáveis deu uma visão panorâmica da realidade, possibilitando a confecção de mapas temáticos. A partir desse estudo, pode-se observar que a cidade de Boa Vista encontra-se em uma região muito vulnerável ambientalmente, pois se destaca a presença de uma região extremamente plana, incorporando áreas abaciadas, lagos e igarapés e suas respectivas APP's, e que muitos desses elementos da paisagem foram afetados ou desapareceram ao longo de 33 anos de crescimento urbano.

O realce de contraste de imagens é outra técnica que engloba o PDI, no qual essa técnica modifica os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual das imagens. A manipulação do contraste é feita por meio do histograma de uma imagem, sendo este a descrição da distribuição estatística dos níveis de cinza em termos do número de amostras ("pixels") com cada nível. O contraste consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", com a finalidade de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.

Uma análise temporal consiste na comparação quali-quantitativa entre dois períodos de tempo de uma mesma região. Quando esta comparação se dá em mais de dois períodos é denominada de multitemporal. Consiste basicamente na extração de informações provenientes de dados de um mesmo local obtido em momentos distintos (LANGLEY et al., 2001), permitindo detectar as mudanças pelas variações presentes nas datas consideradas.

Num trabalho de análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, desenvolvido por Matos et al., (2011) o processo de urbanização ao longo dos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006 foi bastante intenso. A ocupação só é menos densa onde há concentração de árvores, ou onde casas com jardim e quintais foram construídos. Na ocupação mais densa, as construções ficam encostadas umas às outras e, praticamente, não se tem área verde. Verificam-se na ocupação densa, que as calçadas são estreitas, as ruas asfaltadas e as estivas na maioria das vezes dão acesso à margem do igarapé. A ocupação densa também proporciona uma diminuição das áreas de recarga devido à impermeabilização do solo, favorecendo as inundações e enxurradas.

### 1.1.3.2 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os SIGs são conjuntos de programas computacionais utilizados para armazenar, analisar, manipular e gerenciar dados geográficos (gráficos e alfanuméricos), com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies. Em primeiro lugar, temos que ter em mente que trabalhar com a ciência da geoinformação significa utilizar computadores como instrumentos de representação de dados georreferenciados (CÂMARA et al., 2001).

A aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas para o desenvolvimento de um estudo é fundamental em função da necessidade de análise de grande quantidade de dados, com relações complexas entre estes dados. A aplicação desta análise multivariada integrando informações biofísicas e socioeconômicas, associada a um SIG de fácil manejo e baixo custo permite aprimorar a execução de diagnósticos e identificação de unidades de zoneamento, que pode auxiliar na tomada de decisão em planejamento ambiental.

Segundo Ballester et al. (1995), para o manejo do complexo ambiental é necessário o conhecimento detalhado das variações espaço-temporais dos fatores naturais e antrópicos que atuam sobre o mesmo. A união de tais dimensões, permitindo o processamento concomitante dos dados, tem sido possibilitada pelos Sistemas de Informações Geográficas, definidos como tecnologias para investigação dos fenômenos ambientais que combinam os avanços tecnológicos da cartografia e

banco de dados automatizados, o sensoriamento remoto e a modelagem. As informações de caráter sinérgico, resultantes do emprego destas ferramentas, têm auxiliado na formulação de propostas de manejo.

Segundo Fitz (2008), um SIG consiste em um conjunto de tecnologias que possibilita à manipulação, a análise, a simulação de modelagem e a visualização de dados georreferenciados; e apresenta as funções básicas de aquisição e edição de dados, gerenciamento de banco de dados, análise geográfica de dados e representação de dados. A aquisição de dados é feita por aquisição direta e em meio digital de dados alfanuméricos. A edição de dados pode ser realizada tanto em arquivo alfanumérico quanto em arquivos gráficos, e é entendida como a maneira pela qual o sistema pode adicionar suprimir ou substituir dados nele contidos.

Segundo Burrough (1998) os SIG's constituem um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos, portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real.

De acordo com Silva (1999), além de responder as questões sobre localização, condição, tendência, rota, padrão, simulação e modelamento, o SIG pode ainda: produzir mapas mais elaborados, de forma rápida e com baixo custo; produzir mapas específicos de acordo com a personalização implementada; permitir diferentes representações gráficas, usando o mesmo banco de dados; possibilitar a automação da atualização e revisão e; revolucionar a análise quantitativa de dados espaciais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a mudança da paisagem da zona Norte da cidade de Boa Vista/RR, no período de 1996 a 2016, através do uso de Geotecnologias.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a expansão da área urbana da Zona Norte da cidade de Boa Vista/RR, através da análise espaço - temporal durante os anos 1996 a 2016.
- Classificar o uso e ocupação do solo na Zona Norte da cidade de Boa Vista/RR, a fim de identificar as mudanças da paisagem.
- Quantificar a retirada de vegetação considerando o período de 1996 a 2016 nas proximidades dos bairros da zona Norte da cidade de Boa Vista/RR do Rio Cauamé através da classificação do uso do solo.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, foram abordados: a localização e descrição das características da área de estudo, materiais utilizados, bem como os procedimentos metodológicos, os quais serão relevantes para as fases de elaboração da pesquisa.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Boa Vista está localizada à margem direita do rio Branco, formado pela confluência dos rios Uraricoera e Tacutú, entre as coordenadas geográficas 02° 49' 12" N e 60° 40' 23" W.

O Município de Boa Vista faz limites ao Norte com os Municípios de Amajari e Pacaraima; ao Sul como os Municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao Leste com os Municípios de Bonfim e Cantá tendo como divisa o rio Branco e o Município de Normandia; e a Oeste com o Município de Alto Alegre.

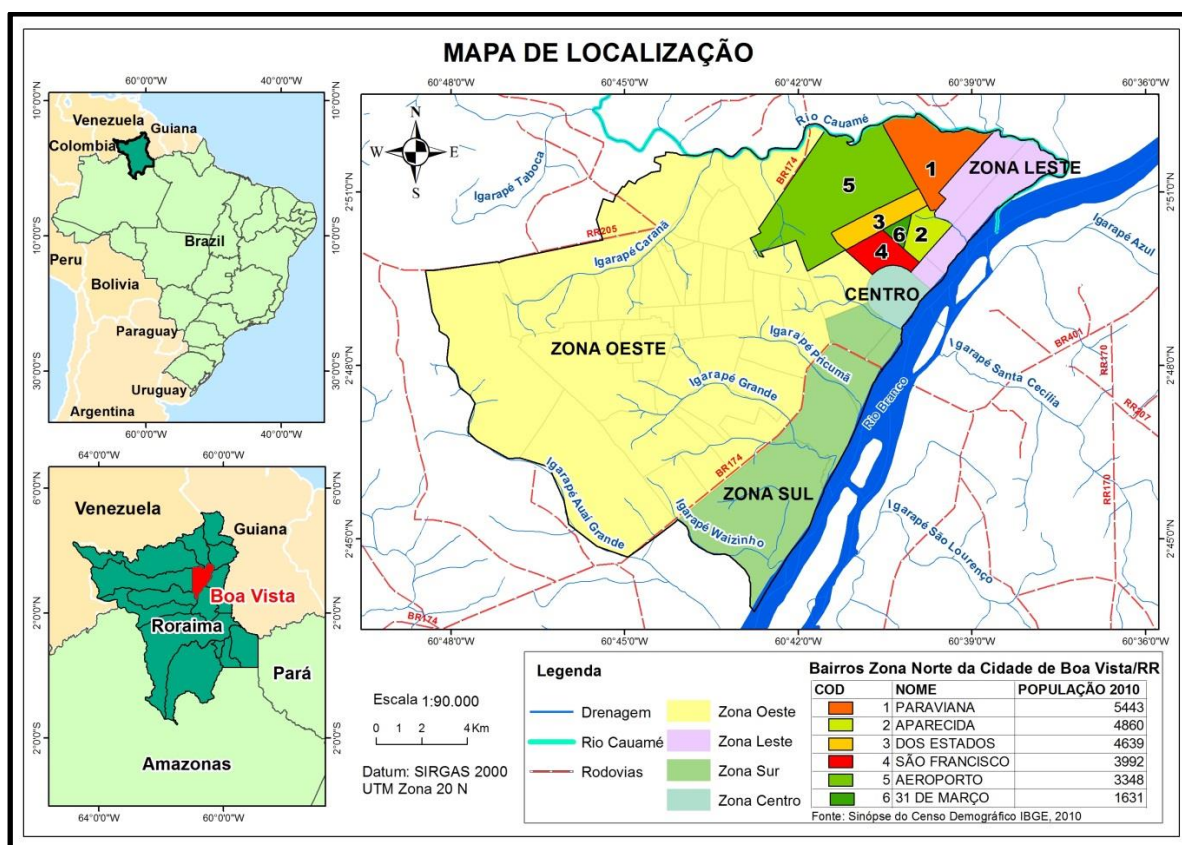
É a única capital brasileira localizada totalmente ao norte da linha do Equador além de concentrar aproximadamente dois terços da população do Estado, segundo o Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) sendo 284.258 habitantes.

A cidade de Boa Vista possui uma área de 5.687,036 km<sup>2</sup>, que corresponde a 2,54% do Estado e está composta pelas zonas urbanas: Norte, Sul, Leste, Oeste com 55 bairros mais o Centro (SILVA, 2007).

A pesquisa foi desenvolvida dentro da área urbana, nos bairros da zona norte da cidade de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, tomando em conta a pesquisa ambiental com a relação entre sociedade e natureza no impacto com o rio Cauamé que está localizado nas proximidades destes bairros (Figura 1).

Na (Tabela 1) indicam-se os bairros com suas respectivas populações desde o ano 1991 até o ano 2010 segundo o Censo Demográfico 2010, onde é observado o notório crescimento de habitantes por bairro.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo – Área urbana da cidade de Boa Vista - RR



Fonte: IBGE, Prefeitura Municipal de Boa Vista.

Organização: A autora

Tabela 1 - Bairros da zona Norte da Cidade de Boa Vista e sua população.

POPULAÇÃO (Habitantes)					
NOME BAIRRO	1991	1996	2000	2007	2010
PARAVIANA	825	1.848	3.104	4.760	5443
APARECIDA	5.434	4.956	5.165	5.324	4860
DOS ESTADOS	4.905	4.883	4.560	4.265	4639
SÃO FRANCISCO	4.583	4.279	4.024	3.949	3992
AEROPORTO	95	81	2.741	2.965	3348
31 DE MARÇO	1.767	1.637	1.711	1.659	1631

Elaboração: Shirley Criollo, adaptado de IBGE (2010).

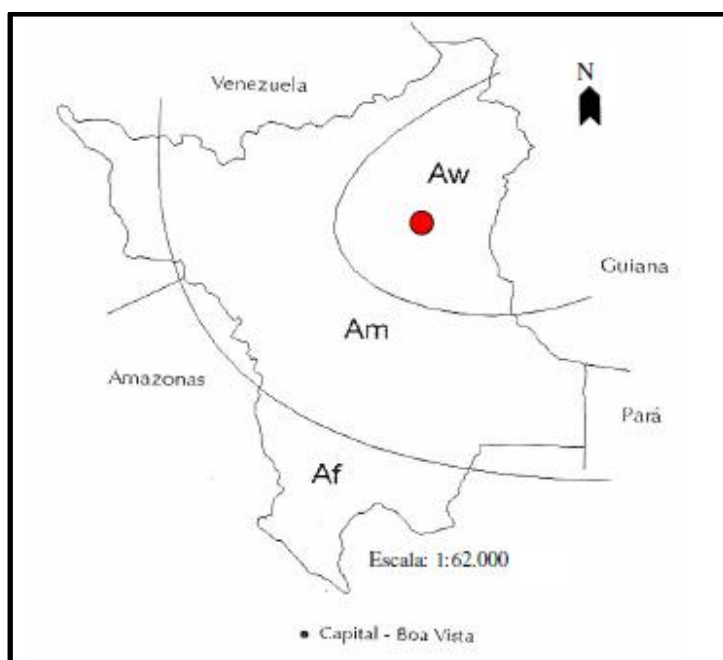
## 3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA DA AREA DE ESTUDO

### 3.2.1 Clima e Hidrografia

O clima da cidade de Boa Vista é do tipo Aw (classificação de Köppen). Sendo do tipo tropical típico de savana (Figura 2), com estação chuvosa concentrada nos meses de verão (boreal) e inverno seco. As estiagens tem duração entre 5-6 meses, com pluviosidade média de 1800 mm anuais (BARBOSA, 1997).

Nesse sentido, a cidade de Boa Vista possui uma condição hidrológica bastante particular, onde seu período chuvoso ocorre entre os meses de abril e setembro, que concentra 80 % dos totais anuais precipitados ao longo do ano (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER, 2015). Essa condição diverge ao observado na maior parte da Amazônia, no qual o período chuvoso se dá entre outubro e março (SILVA et al. 2015).

Figura 2 - Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen – Aw: Verão úmido e inverno seco.



Fonte: Barbosa, 1997

Para Franco, Del Arco e Rivetti (1975), além do Rio Branco, outros cursos fluviais importantes aparecem neste cenário como o rio Cauamé, os igarapés Grande, Paca, Caranã, Auaí Grande, Waizinho e Água Boa de Univini, os quais formam uma drenagem densa de padrão dendrítico.

O rio Cauamé é afluente da margem direita do alto Rio Branco e drena a cidade de Boa Vista pelo seu lado direito da planície por 18,7 km. Ao longo do perímetro urbano, além do uso habitacional em áreas de ocupação, também se enquadra o uso destinado ao lazer, conhecidos popularmente como "banhos" (OLIVEIRA; DE CARVALHO, 2014).

O rio Cauamé é atração por sua beleza natural e forma de lazer acessível para todas as pessoas, sendo envolto por matas ciliares e praias de areias finas e brancas que tornam a paisagem muito atraente (Figura 3).

Figura 3 – Beleza natural do Rio Cauamé, Banho Polar, bairro Paraviana.



Foto: Shirley Criollo (2016)

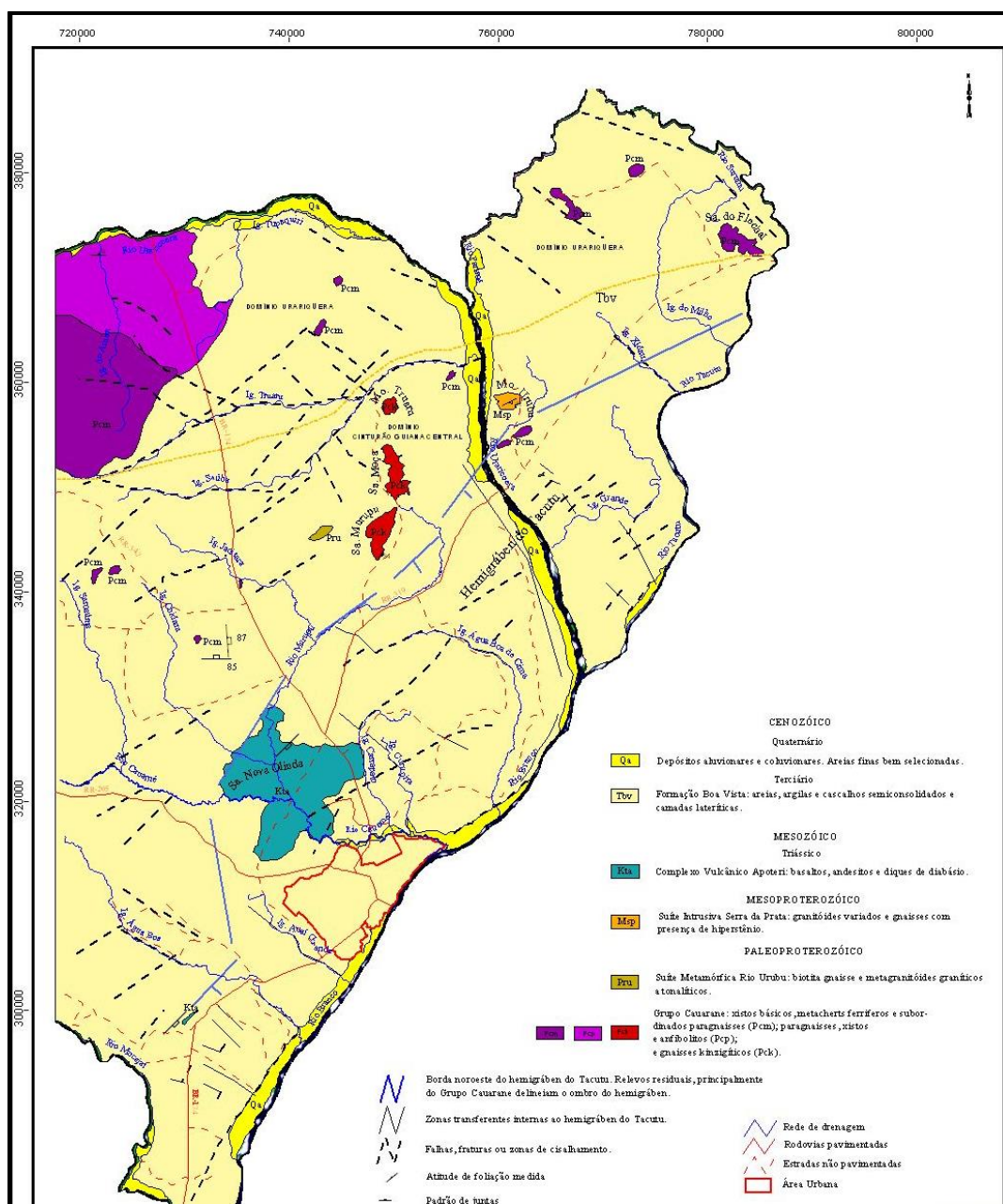
### 3.2.2 Geologia

A cidade de Boa Vista, insere-se no domínio lito-estrutural Guiana Central – DGC (REIS et al. 2003), que ocupa a porção centro-norte do estado de Roraima, correspondendo ao Cinturão Guiana Central (KROONENBERG et al. 1976), o qual prolonga-se pela Guiana e Suriname. Assinala lineamentos estruturais preferencialmente NE-SW, impressos em unidades litológicas desde o Paleoproterozóico até o Cenozoico.

Segundo os autores Eiras e Kinoshita (1988), na unidade litológica do Cenozóico, no período Quaternário, a cidade consta da formação Boa Vista,

composta por areias, argilas e cascalhos semiconsolidados e camadas lateríticas e nas proximidades dos rios Branco e Cauamé estão os depósitos aluvionares e coluvionares, além de areias finas bem selecionadas. Na (Figura 4) pode se observar as características mencionadas pelos autores para a descrição geológica da cidade de Boa Vista no mapa geológico do Estado de Roraima, mas a cidade que se mostra em cor vermelha é um área muito pequena para aparecer com os detalhes numa escala menor.

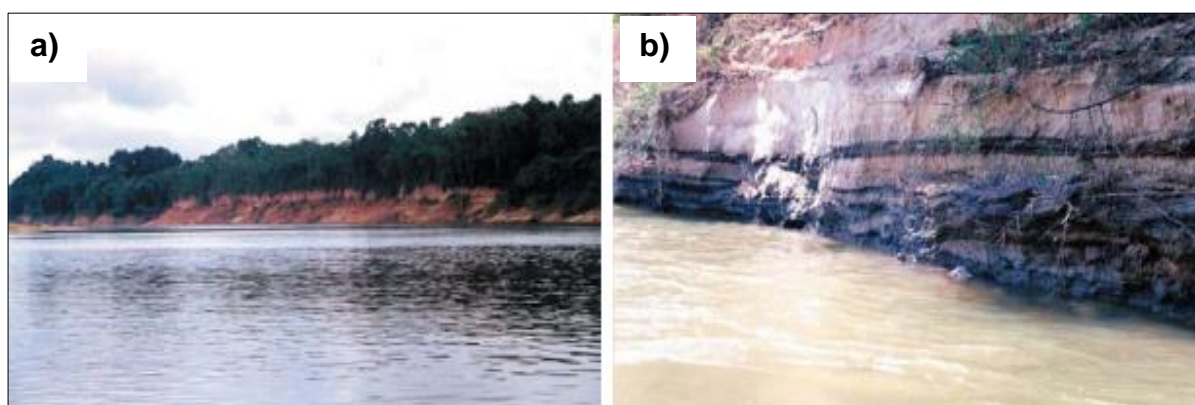
Figura 4 - Mapa geológico do Estado de Roraima



Fonte: Plano Diretor Estratégico de Boa Vista – RR, Janeiro 2006, Escala 1:400.000

A cidade de Boa Vista situa-se em uma extensa área aplainada desenvolvidos em sedimentos holocênicos e pleistocênicos (Figura 5), essencialmente arenosos trabalhados pelas águas e pelos ventos, em decorrência da erosão fluvial e eólica recente. Esses sedimentos recobrem irregularmente a Formação Boa Vista do período terciário, que é constituída basicamente por sedimentos arenosos com cimento argiloso, intercalados com camadas conglomeráticas, sendo que toda a sequência encontra-se laterizada (LOPES, 2002).

Figura 5 – a) Parte baixa do rio Branco, com exposições sedimentares pleistocênicas da região do Pantanal Setentrional; b) Sedimentação holocênica e níveis de turfas em ilhas do rio Branco.



Fonte: CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2014)

### 3.2.3 Geomorfologia

Conforme destaca Farias, Veras e Paixão (2012), Boa Vista possui uma geomorfologia plana levemente ondulada, com dissecação que varia de fraca a muito fraca, desenvolvida sobre rochas sedimentares, que constituem a formação do município, com cotas altimétricas com média de 70-80 m, ou seja, baixa declividade, o que favorece fenômenos de acumulação de água, como os alagamentos.

Os trabalhos descritos por Tavares Júnior et al., (2013) destacam que no Graben do Tacutu, onde Boa Vista está inserida se sobressaem duas morfoestruturas em relevos topograficamente mais elevados, destacando a Serra do Tucano (NE do graben) e a Serra Nova Olinda (SW do graben) (Figura 6), os

autores apontam que essas se constituem em arcabouços com sequência de morros e serras apresentando morfologia de cuestras e altitudes variando de 100 a 300 metros.

Figura 6 – Serra Nova Olinda em meio ao pediplano a oeste da cidade de Boa Vista

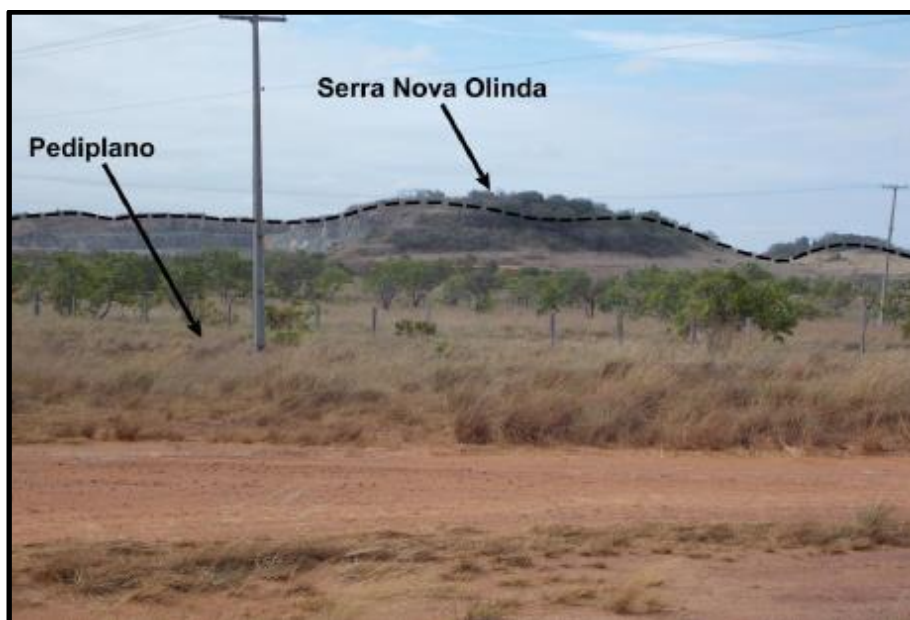
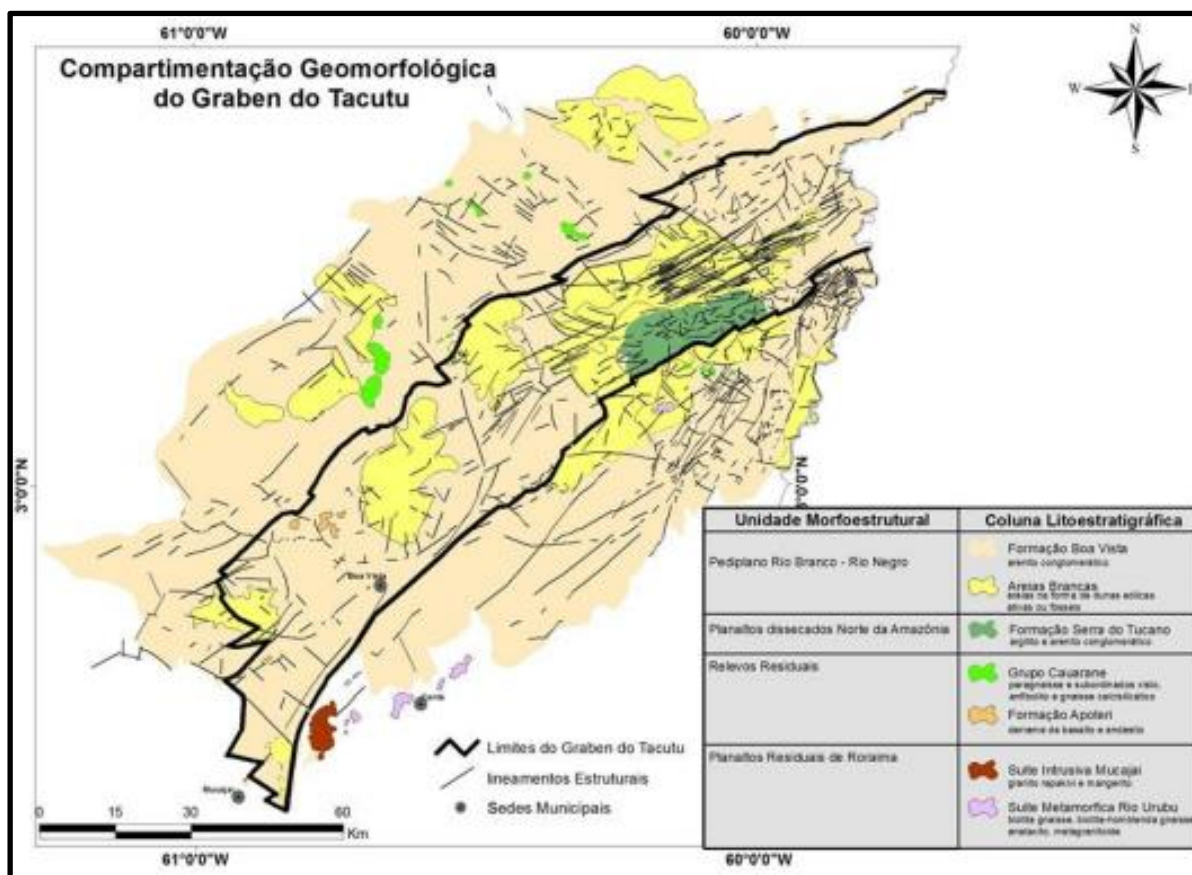


Foto: Santos (2014)

A cidade de Boa Vista encontra-se assentada sobre a unidade morfoestrutural de relevo denominado Pediplano Rio Branco – Rio Negro, que se caracteriza por apresentar formas aplainadas a suavemente aplainadas onde se destacam pequenas elevações conhecidas como tesos e áreas de depressão com formações de lagos (FRANCO; DEL ARCO; RIVETTI, 1975).

A individualização do hemigraben permite o entendimento geomorfológico local destacado por Tavares Júnior et al., (2013) no qual apresentam o mapa de compartimentação geomorfológica, onde está inserida a cidade de Boa Vista (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de compartimentação geomorfológica do Hemigráben Tacutu, local onde está inserida a cidade de Boa Vista.



Fonte: Tavares Júnior et al., (2013)

### 3.2.4 Solos

A cidade de Boa Vista possui 10 das 14 classes de solos descritas para a Amazônia, sendo elas: latossolo amarelo distrófico típico, latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, latossolo vermelho, argissolo amarelo distrófico, plintossolos, cambissolo háplico, gleissolo háplico distrófico, neossolo quartzarênico hidromófico distrófico, neossolo flúvico tb distrófico e neossolo litólico distrófico. São solos profundos, seguindo uma seqüência horizontal A, B, e C, intemperizados, ácidos a fortemente ácidos e álicos, de baixa fertilidade natural (COSTA et al., 2006).

Segundo Vale Júnior e Schaefer (2010), a pedologia da região é predominantemente representada pelos latossolos amarelos e argilossolos amarelos ocupando as áreas planas da paisagem, enquanto os gleissolos e neossolos quartzarênicos posicionam-se nas partes rebaixadas, formados por sedimentos



argilo-arenosos da Formação Boa Vista (Terciário) e as áreas onde predominam os latossolos vermelhos, vermelhos-amarelos e cambissolos estão distribuídos ao longo dos principais rios como o Rio Branco, Uaricoeira, Tacutu, Surumu, Mucajaí e Cauamé (Figura 8).

Figura 8 – Latossolo vermelho e vermelho – amarelo predominante na região de Boa Vista



Foto: Santos (2014)

### 3.2.5 Vegetação

A abordagem de Vale Júnior; Schaefer (2010) descrevem predomínio para o tipo savanas, no qual ocupam uma área de aproximadamente 43.000 km<sup>2</sup>, situadas na porção central do Estado de Roraima, onde está inserida a capital Boa Vista.

A vegetação predominante da área de estudo é do tipo savana, que se estende por toda a cidade. As espécies dominantes são savanas gramíneas ou gramínea lenhosa que se estendem pelos campos ondulados do pediplano de Boa Vista e se divide em duas subunidades denominado campo limpo, e outro com predominância do estrato gramíneo, e maior densidade de espécies arbóreo-arbustivas de pequeno porte identificados como campo sujo (BARBOSA; MIRANDA, 2005).

É importante destacar que na região constituída por gramíneas e arbustos ocorrem com frequência a *Curatela american*, conhecida popularmente como

caimbé e veredas de buritizais *Mauritia flexuosa* que ocorrem em áreas brejosas e ao longo dos igarapés e rios da cidade de Boa Vista (SANTOS, 2014) (Figura 9).

Figura 9 - Vegetação Rio Cauamé, presença de espécies arbóreas-arbustivas



Foto: Shirley Criollo (2016)

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados materiais distintos, os quais serviram de apoio aos procedimentos metodológicos, em campo e escritório para a elaboração final dos resultados e discussões da pesquisa.

Em trabalho de campo e escritório foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- ✓ Os materiais de evidência bibliográficos que foram oriundos de artigos científicos e capítulos de livros referentes aos conceitos abordados tanto no referencial teórico como para a construção dos procedimentos metodológicos.
  
- ✓ A base cartográfica digital de dados da cidade de Boa Vista foi obtida em organismos públicos nacionais do estado de Roraima e do município de Boa

Vista, baseados na carta planialtimétrica do município de Boa Vista chamada “Base cartográfica continua do Estado de Roraima” em escala 1:100.000 disponível em formato shapefile, informação que serviu para o desenvolvimento de mapas temáticos da área de pesquisa.

- ✓ Imagens de satélite. O conjunto de imagens ópticas foram adquiridas pelo site do Serviço Geológico dos Estados Unidos tradução do inglês United States Geological Survey (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov>) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ([www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)). Necessárias para localização, interpretação e análise multitemporal e classificação do solo da área a ser estudada, com processamento e edição das imagens. Apresentam-se as descrições das características dos satélites na (Tabela 2).

Tabela 2- Características das imagens ópticas dos satélites Landsat/5, CBERS – 2 e Landsat 8.

Satélite	Sensor	Data de aquisição aaaa/mm/dd	Órbita/ Ponto	Bandas	Resolução espacial (m)	Disponível
Landsat 5	TM	1996/04/03	232/058	2,3,4,e 5	30 x 30	USGS
CBERS -2	CCD	2005/10/01	175/97	3,4 e 2	20 x 20	INPE
Landsat 8	OLI	2016/01/24	232/058	3,4,5,6 e 8	30x30 15x15	USGS

Elaboração: Shirley Criollo

Estas imagens foram escolhidas porque não tinham cobertura de nuvens, além de que o uso destas aproximadamente no intervalo de dez anos pode servir em anos futuros para fazer diferentes tipos de análise da mudança de paisagem e buscará evidenciar e entender a expansão da cidade de Boa Vista.

- ✓ Câmera digital, modelo CANON 70D de 20 mega pixels, importante para registro e identificação das áreas de interesse e serviram como ajuda para

as descrições dos aspectos fisiográficos da paisagem e análises do ocupação e uso do solo no contexto de expansão urbana.

- ✓ GPS (*Global Positioning System*), da Garmin modelo GPS map 62sc, (equipamento disponível pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRR). Foi utilizado para coleta de pontos tanto de controle como de informação que auxiliaram no mapeamento de unidades de paisagem existentes na zona norte.
  
- ✓ Softwares: \* ENVI 4.8; \* ArcGIS 10.0; \* Aplicativo Google Earth 7.1 Softwares necessários para processamento, visualização, armazenamento de banco de dados e elaboração e edição de mapas, que auxiliaram no apoio técnico para reconhecimento dos alvos de interesse, tendo em vista que são ferramentas de alta resolução, bem como auxílio no georreferenciamento das imagens com coleta de pontos de controle e Microsoft Excel 2010 que ajudou na realização de cálculos e elaboração dos gráficos de análise multitemporal do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista. Os softwares estão disponíveis no laboratório de Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRR.

Para os procedimentos metodológicos, seguiu se um enfoque nas mudanças da paisagem na abordagem da intervenção antrópica no meio ambiente, destacando como estudo de caso a expansão urbana, baseada na fundamentação teórica.

Para esta fundamentação teórica, foi essencial a pesquisa bibliográfica e documental. A busca foi feita em referências teóricas publicadas em documentos, livros, artigos, revistas, teses, dissertações, etc. Informação que foi baseada na importância da mudança de paisagem e o avanço do processo de urbanização na cidade de Boa Vista, destacando que a principal vantagem de usar esses dados bibliográficos é que a cobertura de análise pode ser mais ampla para o que será investigado diretamente.

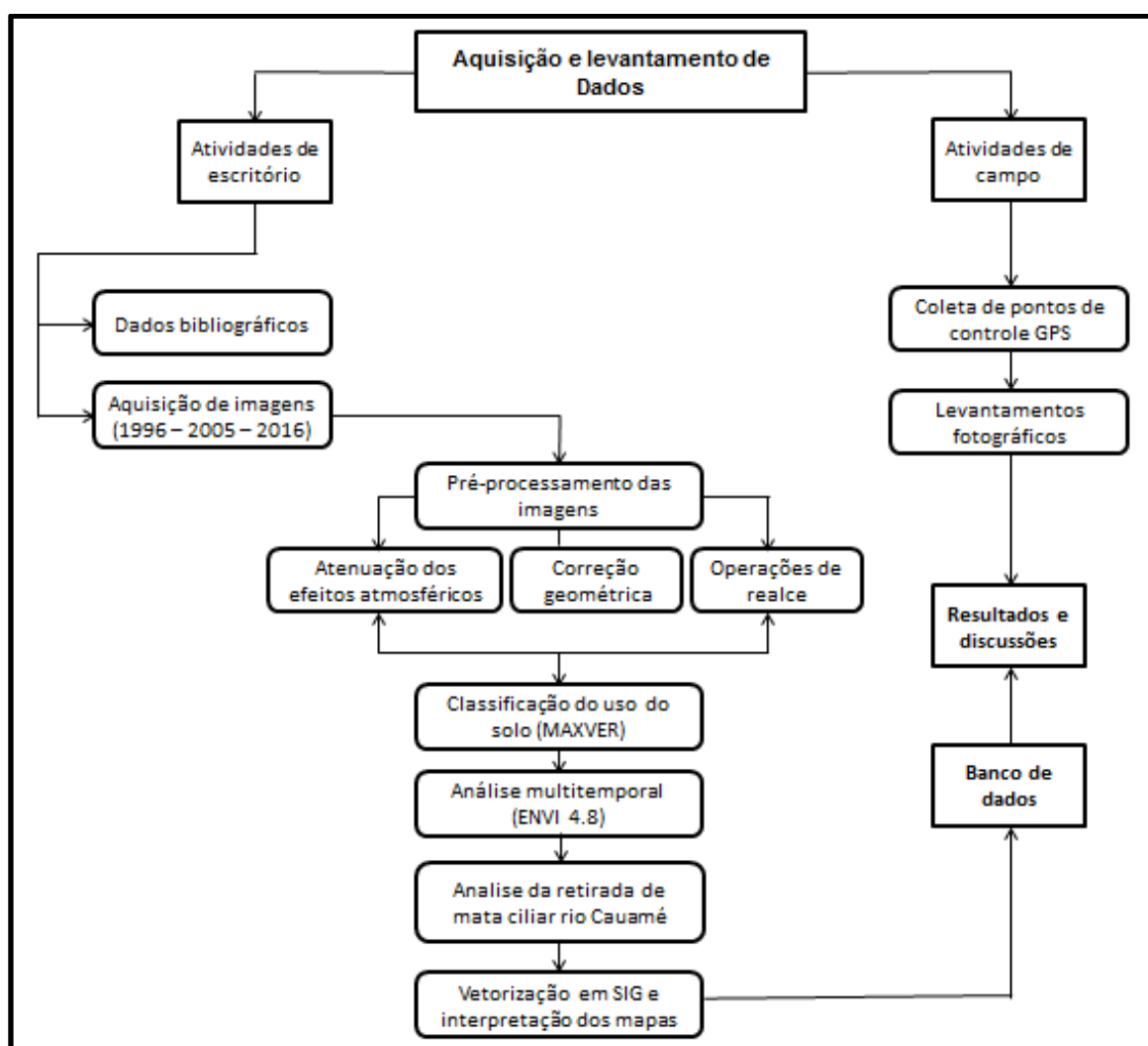
Entre as ferramentas metodológicas está o uso de geotecnologias, que serviu para análises e elaboração dos produtos como mapas comparativos no contexto de expansão urbana (1996, 2005 e 2016), mapeamento do uso e ocupação do solo dos

bairros da Zona Norte da cidade de Boa Vista nos anos 1996, 2005 e 2016 e a análise na retirada de mata ciliar e ação antrópica nas proximidades dos bairros da zona Norte em relação ao rio Cauamé no período de 1996 a 2016 que foi feito também por meio da análise dos mapas de uso e ocupação do solo.

Neste trabalho foi necessário fazer um levantamento de dados em campo para coleta de pontos em GPS e levantamento fotográfico para que se pudesse descrever os aspectos fisiográficos da paisagem e as classes de uso de solo em ajuda aos mapeamentos da classificação supervisionada.

As etapas metodológicas estão presentes no seguinte fluxograma, ressaltando os procedimentos necessários para a elaboração dos produtos para a pesquisa (Figura 10).

Figura 10 - Fluxograma das etapas metodológicas para elaboração da pesquisa.



Elaboração: Shirley Criollo

### 3.3.1 Pré-processamento das imagens

As imagens ópticas de sensoriamento remoto que foram adquiridas dos anos 1996, 2005 e 2016, referidas na (Tabela 1), foram passadas por um processo de tratamento, mais conhecidas como técnicas de processamento de sensoriamento remoto destinadas a atenuar os efeitos dos constituintes atmosféricos e das distorções geométricas, técnicas descritas em Tavares Júnior (2004).

Cada processo das imagens foi armazenado em um banco de dados dos diferentes anos para sua análise, as imagens dos sensores TM e OLI dos satélites Landsat 5 e 8, foram adquiridas no sítio eletrônico do Serviço Geológico Norte Americano (USGS) e a imagem do sensor CCD do satélite CBERS2 no Instituto de pesquisas espaciais (INPE).

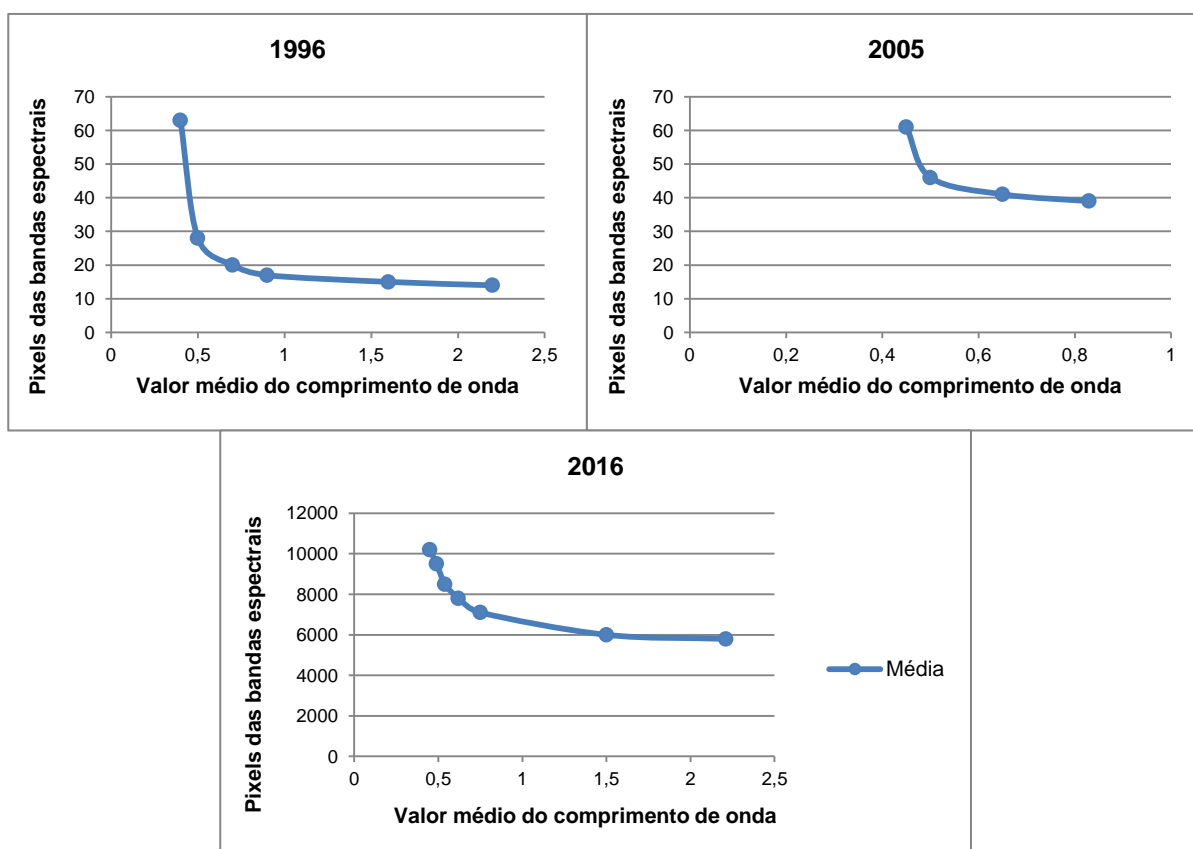
O primeiro processo em aplicar nestas imagens foi a operação de atenuação da interferência dos constituintes atmosféricos com o método de subtração do pixel escuro proposta por Chavez (1988), pois esta interferência é um dos principais fatores de degradação nas imagens, muitas vezes comprometendo sua análise e interpretação. A intensidade desse efeito depende do comprimento de onda, portanto, afeta de modo diferente a cada uma das bandas espectrais (FIGUEREIDO, 2005).

Este método proposto por Chavez (1988) é uma metodologia bastante utilizada para corrigir os efeitos do espalhamento atmosférico seletivo, esta assume a existência de objetos escuros na imagem e que possuem valores de reflectância muito próximos de zero. No entanto, esses alvos aparecem na imagem com valores superiores ao real devido ao efeito atmosférico. Portanto, um determinado valor calculado a partir do mínimo valor de ND (níveis digitais) é atribuído ao espalhamento e deve ser removido de todos os pixels da imagem (BARRETO et al., 2003).

Segundo Chavez (1988) para execução do método citado anteriormente coleta-se os pontos primeiramente selecionando-se um ponto na imagem, neste caso de sombra de nuvens e corpos de água, mas pode ser também outro alvo que tenha alta absorção eletromagnética, depois se seleciona pontos dentro do alvo e coleta-se os valores os quais são visualizados da tabela de valores numéricos, também chamado de número digital (ND).

Os valores adquiridos, tanto dos alvos das bandas espectrais, quanto os valores médios do comprimento de onda para cada banda serviram para montar uma planilha no Excel, na qual se elaborou os cálculos matemáticos com o intuito de encontrar a média aritmética destes valores e gerar os gráficos, depois os valores foram corrigidos de modo a formar uma curva no gráfico (Figura 11).

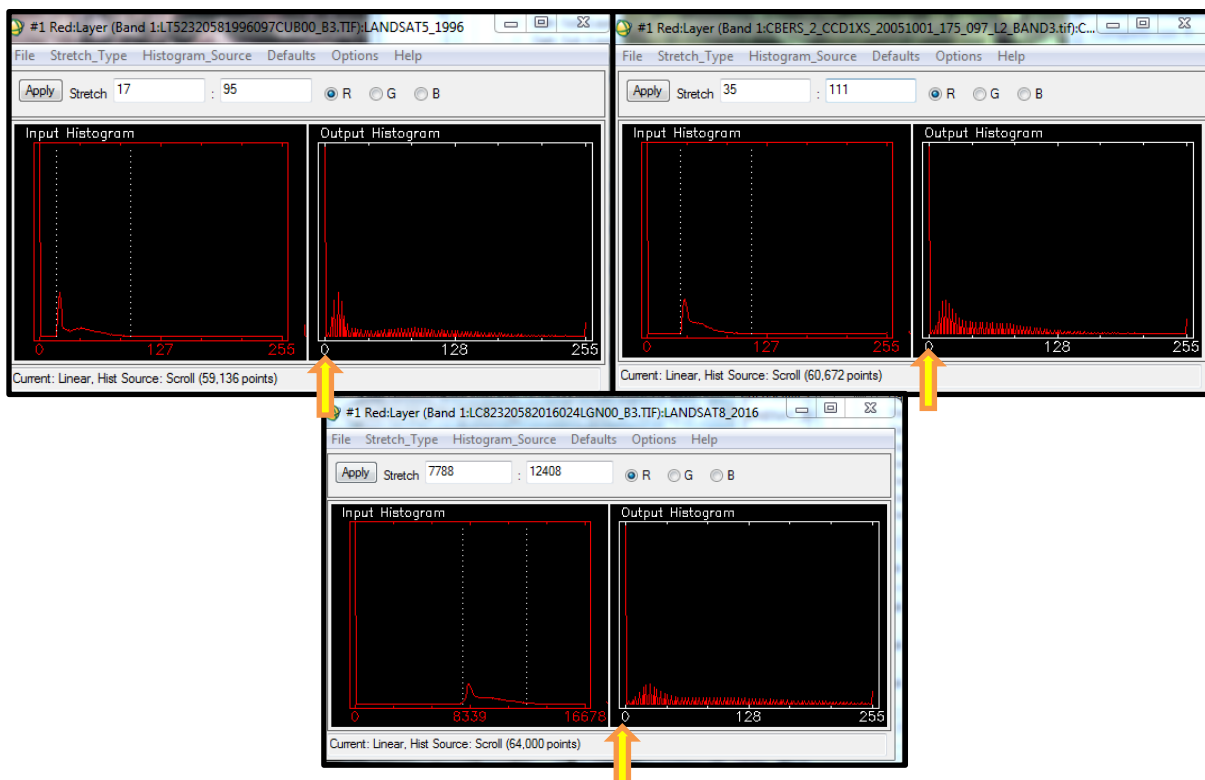
Figura 11– Gráficos das curvas formadas das imagens Landsat 5 para o ano 1996 das bandas 1,2,3,4,5,6,7, CBERS-2 para o ano 2005 das bandas 1,2,3,4 e Landsat 8 para o ano 2016 das bandas 1,2,3,4,5,6,7,8.



Organizado por: Shirley Criollo

Os números adquiridos foram lançados no software ENVI 4.8 utilizando a ferramenta “Dark Substract” e feita à correção dos efeitos da atmosfera (Figura 12), obtendo as bandas atenuadas e corrigidas.

Figura 12 - Gráficos das correções atmosféricas, mudança nos histogramas da banda numero 1, nos anos 1996, 2005 e 2016 respectivamente.



Elaboração: Shirley Criollo

Quanto à redução das distorções geométricas foi feito o procedimento de georreferenciamento, através da aplicação de funções polinomiais de 3º e o método de interpolação do vizinho mais próximo, neste procedimento foram coletadas na área de estudo em diferentes cenas as informações referentes à posição geográfica e altimetria de pontos de controle no terreno que são comuns e de fácil identificação nas imagens que foram georreferenciadas, tanto por meio de GPS, durante os trabalhos de campo, como a partir de outras imagens que estejam georreferenciadas, neste caso se usou a imagem digital registrada do satélite Landsat 8/OLI de 2016 no sistema de projeção UTM (Universal Transverso de Mercator).

Este processo eliminou distorções existentes nas imagens, causadas no processo de formação delas, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (satélite), foram georreferenciadas as imagens Landsat 1996 e CBERS-2 CCD 2005.

Para a análise que foi feita no mapeamento do uso do solo, a seleção de bandas utilizadas foram feitas através do método conhecido como OIF (Optimum



Index Factor), descrito por Chavez (1988) no qual se baseiam nas propriedades estatísticas da imagem trabalhou-se com valores de desvio padrão e coeficientes de correlação entre bandas espectrais.

O procedimento foi realizado no software ENVI 4.8, gerando um banco de dados e um relatório estatístico para cada ano obtendo matrizes de covariância, média e desvio padrão, que foram adquiridas para todas as bandas, estes dados foram gerados a partir das ferramentas de função estatística disponível no programa.

Os dados foram lançados no programa Excel configurado com equações e cálculos que geraram o valor de OIF para cada triplete que proporcionou a escolha das bandas para a composição que apresentem alta variância e baixa covariância, ou que reflète em um maior número de informação na composição para formação em RGB.

A equação necessária para o calculo do OIF é:

$$OIF = \frac{\sum_{K=1}^3 DP}{\sum_{J=1}^3 CC(rj) \cdot K}$$

Onde;

DP= desvio padrão

K= faixa espectral (banda)

CC (rj) = valor absoluto do coeficiente de correlação entre duas bandas, do conjunto de três bandas avaliadas.

O coeficiente de correlação (CC) mede a similaridade entre duas bandas e resulta num valor que pode variar de -1 a +1. Para calcular o CC é necessário dividir o valor de covariância pelo produto das variâncias de duas bandas, para cada conjunto de três bandas do triplete, na equação:

$$CC = \frac{COVARIÂNCIA(X, Y)}{VARIÂNCIA(X) \cdot VARIÂNCIA(Y)^{1/2}}$$

O valor de CC foi calculado, automaticamente nos valores estatísticos num relatório no programa ENVI, os dados foram lançados no EXCEL para elaboração dos quadros conforme apêndice A e B.

Obteve-se o triplete entre as bandas 1,4 e 5 para a imagem de 1996 e 5, 6 e 7 para a imagem de 2016; a imagem de 2005 CBERS2 não foi necessária o procedimento estatístico, pois o número de bandas desta imagem são quatro, foram usadas as bandas 2R4G3B.

O resultado dessa operação indicou a composição colorida adequada para a geração da classificação supervisionada, pois o maior valor obtido no cálculo do OIF indica a menor correlação de bandas, conforme as tabelas 3 e 4 que apresentam os valores.

Tabela 3 – Valores de OIF obtidos para a imagem Landsat 5 TM 1996

<b>Triplete de bandas</b>	<b>OIF</b>	<b>Triplete de bandas</b>	<b>OIF</b>
1.2.3	25,47	2.3.4	30,03
1.2.4	32,34	2.3.5	32,42
1.2.5	36,83	2.3.7	26,78
1.2.7	30,74	2.4.5	42,67
1.3.4	36,95	2.4.7	35,97
1.3.5	38,90	2.5.7	34,14
1.3.7	32,83	3.4.5	37,90
<b>1.4.5</b>	<b>51,72</b>	3.4.7	32,31
1.4.7	44,59	3.5.7	34,19
1.5.7	41,04	4.5.7	45,35

Elaboração: Shirley Criollo

Tabela 4– Valores de OIF obtidos para a imagem Landsat 8 OLI 2016

Triplete de bandas	OIF	Triplete de bandas	OIF
1.2.3	1197,8	2.3.7	2327,8
1.2.4	1489,0	2.4.5	3376,0
1.2.5	2562,2	2.4.6	3233,3
1.2.6	2766,4	2.4.7	2607,7
1.2.7	2166,2	2.5.6	4829,1
1.3.4	1612,2	2.5.7	4296,1
1.3.5	2699,9	2.6.7	3872,1
1.3.6	2890,6	3.4.5	3433,1
1.3.7	2294,4	3.4.6	3305,3
1.4.5	3286,1	3.4.7	2694,8
1.4.6	3214,6	3.5.6	4825,3
1.4.7	2588,9	3.5.7	4328,2
1.5.6	4712,4	3.6.7	3938,3
1.5.7	4195,1	4.5.6	5456,4
1.6.7	3854,5	4.5.7	4927,5
2.3.4	1649,9	4.6.7	4204,7
2.3.5	2801,0	<b>5.6.7</b>	<b>6107,4</b>
2.3.6	2926,2		

Elaboração: Shirley Criollo

As imagens tratadas foram registradas e cortadas de acordo com a área de interesse e armazenadas com as bandas selecionadas em outro banco de dados. Na imagem do ano 2016 (Landsat 8) foi feito o procedimento de fusão baseada na transformação IHS (Intensity, Hue, Saturation) em português (intensidade, matiz e saturação) das imagens de 30 metros a de 15 metros (banda 8) , por meio da ferramenta Gram-Schmidt Pan Sharpening, a qual permitiu que bandas espectrais de baixa resolução espectral fossem fundidas com a banda pancromática de alta resolução espectral.

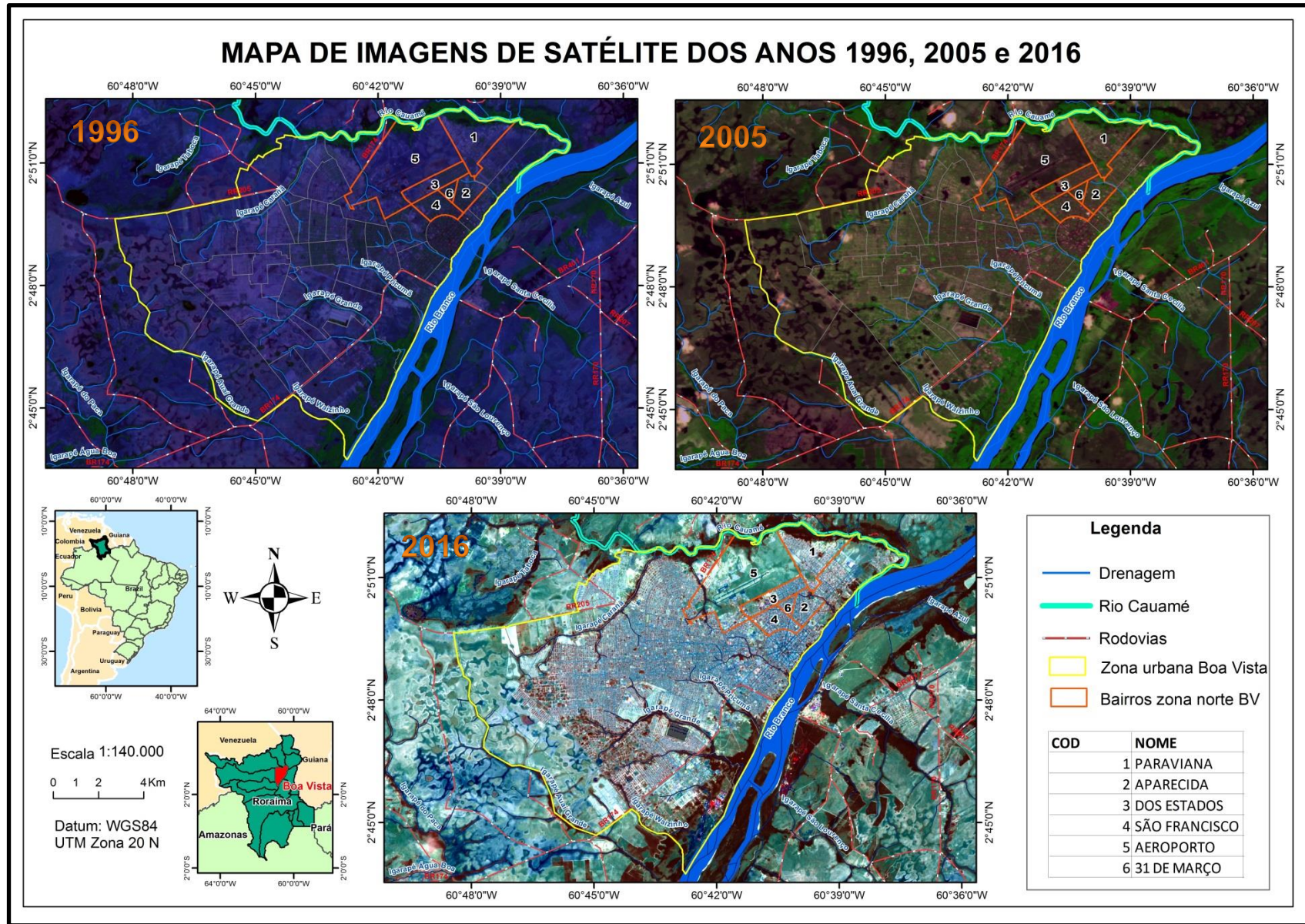
O proveito na aplicação da fusão com esta ferramenta está na estimativa mais precisa dos dados pancromáticos, com baixa perda de informação, garantindo-lhe realce, que segundo Novo (2010), permite extrair ou modificar os atributos espaciais das imagens, realçando certos aspectos da cena.

Segundo Zhang (2002), este método tende a produzir resultados superiores em relação aos demais métodos por preservar as características espectrais da imagem, uma vez que o algoritmo PANSARPENING procura preservar o conteúdo espectral da cena (cor da imagem). A média, o desvio padrão e o formato do histograma para cada canal são aproximadamente preservados.

Utilizando esta técnica de realce, conforme Freitas (2009) é possível à obtenção de imagens de maior qualidade com alta resolução espacial, com mais informações que cada uma das imagens individuais utilizadas na sua geração.

Terminada a metodologia de pré- processamento, as imagens finais foram exportadas em formato tiff para depois trabalhar no programa ArcGis 10.0 onde foi feito o mapa temático mostrando o resultado dos anos 1996, 2005 e 2016 respetivamente (Figura 13).

Figura 13 – Imagens de satélite finais aplicadas as técnicas de pré-processamento dos anos 1996, 2005 e 2016.



Elaboração: Shirley Criollo

### **3.3.2 Classificação do uso e ocupação do solo e análise multitemporal da área de estudo.**

O mapeamento da classificação de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista foi feito pelo procedimento de máxima verossimilhança (MAXVER) com o treinamento supervisionado, que segundo Richards (1986) é uma das técnicas de classificação supervisionada mais utilizadas em dados de sensoriamento remoto. Foi realizado nas três imagens ópticas adquiridas e neste processo foram utilizadas também imagens de sensores remotos como base para referência e conhecimento em campo.

Segundo Silva (2006), a classificação supervisionada ocorre quando as amostras são estabelecidas em áreas da imagem cujas feições no campo são conhecidas e guiam o computador para encontrar áreas com características espectrais semelhantes e para a seleção das amostras é necessário um conhecimento prévio da área de estudo.

O algoritmo MAXVER considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação seja precisa é necessário um número razoavelmente elevado de pixels, para cada conjunto de treinamento (LOPES, 2002).

Para determinar as classes de interesse foi necessária a ajuda de trabalho de campo assim como as imagens de Google Earth e a partir das amostras de treinamento iniciou-se o processo de classificação supervisionada que teve como objetivo controlar as classes geradas.

Essas amostras para treinamento foram: vegetação arbórea e mata ciliar, vegetação de savana, corpos hídricos, solo exposto e urbanização além da classe de código nulo. Para limitar a área de interesse foi feita uma máscara da zona Norte da cidade de Boa Vista, e a classificação supervisionada com a ferramenta de "classification tools", os procedimentos foram feitos com o programa ENVI 4.8.

As imagens no formato Tiff com os canais de RGB escolhidos pelo método OIF foram inseridas no programa com as classes de treinamento e o programa gerou um relatório estatístico que mostra a matriz de confusão e o coeficiente Kappa de confiabilidade da classificação. Segundo COHEN (1960) define Kappa como um coeficiente de concordância entre dados da classificação e verdade de campo para

escalas nominais. Landis e Koch (1977) elaboram uma escala de importância para os valores do índice Kappa, como visualizado na tabela 5.

Tabela 5– Escala de importância – índice Kappa.

<b>Valor do Índice Kappa</b>	<b>Concordância</b>
0 – 0,20	Baixo
0,21 – 0,40	Regular
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Substancial
0,80 – 1,00	Quase perfeito

Fonte: Landis e Koch (1977).

O resultado do processo de classificação foi exportado em formato tiff para depois trabalhar no programa Arcgis 10.0 onde foi feito o mapa temático de classificação do uso e ocupação do solo por cada ano de estudo. Esta classificação o uso da cobertura da Terra serviu também para analisar a situação das paisagens principalmente o caso da retirada de vegetação ciliar nas proximidades do rio Cauamé.

O estudo multitemporal foi realizado a fim de analisar a expansão urbana da zona norte da cidade de Boa Vista, e também a fim de fazer uma análise sobre a retirada de mata ciliar nas proximidades destes bairros em relação ao rio Cauamé, que pode servir para o ordenamento da área devido ao uso inadequado do solo em áreas de emergentes no futuro, além o estudo permitirá determinar os danos sociais e ambientais à população em trabalhos futuros e; assim, com os dados obtidos de porcentagem da expansão urbana e a mudança de paisagem neste trabalho com o passo do tempo pode ser exibido de forma clara às consequências.

Para este estudo foi realizada uma análise para obter informações detalhadas num período de dez anos essas a fim de ser capaz de analisar a expansão urbana, por que o uso de imagens de períodos consecutivos seria não representativo deste problema.

Todos os procedimentos de processamento de imagens e aplicação das técnicas de geoprocessamento foram realizados no Laboratório de Informática do Programa de Pós- Graduação em Geografia (PPG-GEO) da Universidade Federal de Roraima, com um banco de dados organizado, usando os softwares de sistemas de informações geográficas apropriadas para o desenvolvimento do mesmo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se alcançar os objetivos traçados os resultados e discussões foram divididos em três momentos: aspectos do processo de expansão urbana da cidade de Boa Vista principalmente na zona norte, evolução do uso e cobertura do solo no período de 1996 a 2016 e finalmente a retirada de vegetação nas proximidades do rio Cauamé na zona norte da cidade.

### 4.1 O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA E AUMENTO POPULACIONAL

Boa Vista é uma cidade com alto crescimento populacional por ser uma cidade “jovem”, elevada à categoria de município, em nove de Julho de 1890, com o nome de Boa Vista do Rio Branco. O município de Boa Vista foi durante o século XIX e nas primeiras décadas do século XX, o único lugar considerado urbano em toda a região do rio Branco, apesar de sua simples estrutura na época (SILVA, 2007).

A cidade conforme o tempo cresceu com atrativos como a possibilidade de emprego, além de que hospeda as sedes municipais, estaduais e várias agências federais, mas este crescimento provocou profundas transformações sociais, econômicas, demográficas, políticas e ambientais.

Staeve (2011) aponta que de 1980 a 1991 a taxa de crescimento foi de 7,22%, sendo tal crescimento percebido principalmente na população urbana com uma taxa de 9,6%. Entre 1980 e 2007, a população urbana de Boa Vista aumentou em mais de cinco vezes, passando de 43.854 para 246.156 habitantes, conforme a Contagem Populacional do IBGE.

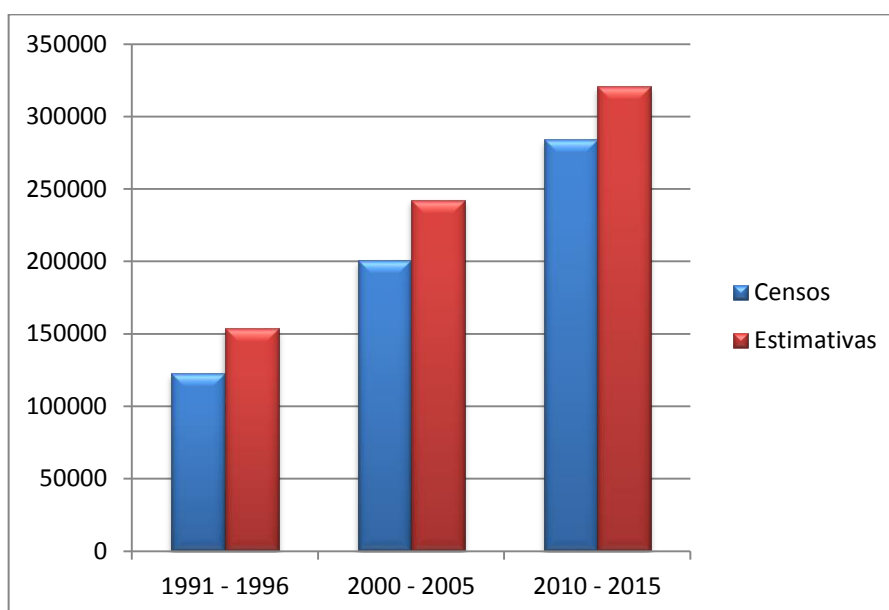
Após 1980 foram incorporadas novas áreas a cidade, mediante a proliferação desordenada de loteamentos, respondendo especialmente a interesses políticos de assentamentos de migrantes que eram induzidos a se deslocarem para Boa Vista (SILVA, 2009). É importante salientar que a vinda de migrantes, principalmente do nordeste do Brasil deu-se pela construção de rodovias, que procuravam lotes de terra ao longo da rodovia além da oferta de trabalho durante a construção das mesmas (SANTOS, 2014).



Esta rápida expansão urbana e o ritmo lento com que o poder público vem ampliando a infra-estrutura de saneamento têm causado severos impactos ambientais na cidade.

A cidade conta atualmente, segundo dados do Censo do IBGE (2010), com uma população aproximada de 285 mil habitantes, mais do que o dobro daquela observada em 1991, que era de 122 mil habitantes e finalmente criando uma estimativa de 320 mil habitantes no ano 2015 (Figura 14).

Figura 14 – Dados censitários e estimativos da população de Boa Vista, conforme aos anos de estudo.

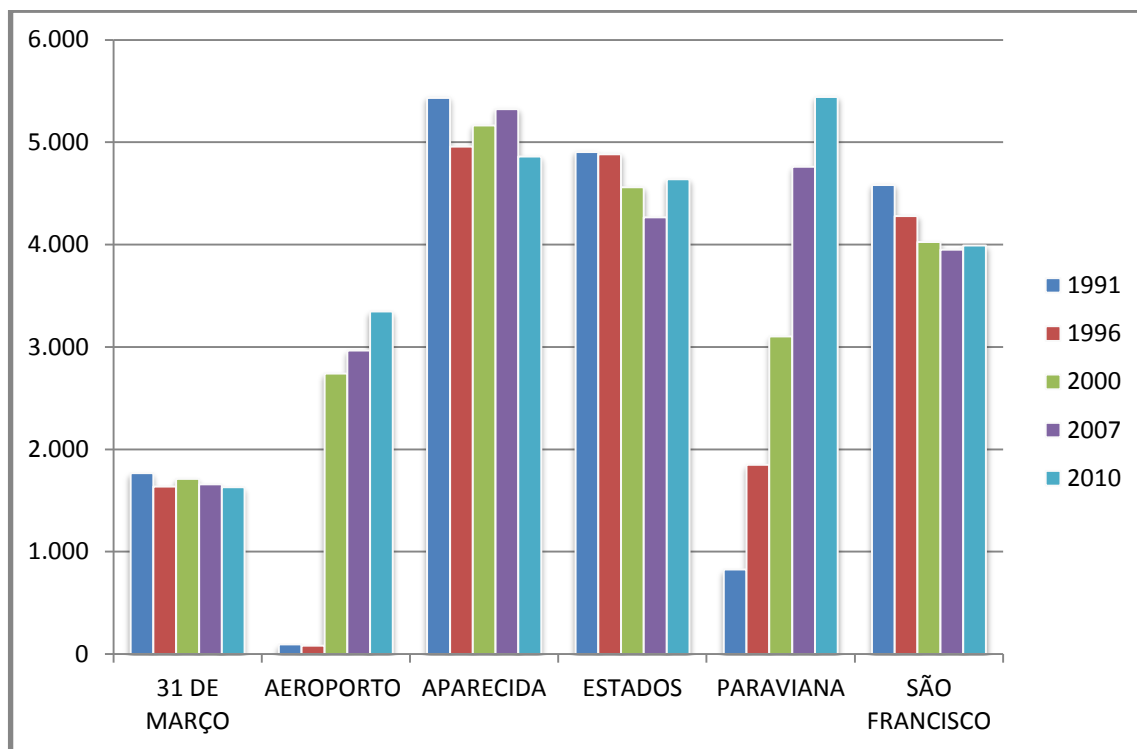


Fonte: IBGE (2010)

Elaboração: Shirley Criollo

Na cidade de Boa Vista, os bairros da zona Norte, também apresentam um crescimento de sua população conforme os dados da sinopse do censo demográfico IBGE (2010); no ano 1991 foi um total de 17.609 habitantes enquanto que no ano 2010 foram 23.913 habitantes (Figura 15).

Figura 15 – População por bairro da cidade de Boa Vista, zona norte.



Fonte: Sinopse do Censo Demográfico 2010

Elaboração: Shirley Criollo

As observações e análises referentes à mudança da paisagem em relação à expansão urbana da zona norte da cidade de Boa Vista foram realizados através de mapas de uso e ocupação do solo auxiliado por visitas de campo para os bairros pertencentes à zona, os quais foram: Paraviana, Aparecida, Dos Estados, São Francisco, Aeroporto e 31 de Março como mostram a (Figura 16) com as características de seus habitantes segundo o IBGE (2010) e o ponto de controle onde a fotografia foi extraída.

A partir do mapeamento da mancha urbana através das imagens de satélite das três datas foi realizada uma análise do crescimento espacial da área urbana entre o período de 1996 e 2016. Utilizando o programa ENVI 4.8, obtiveram-se os valores das áreas urbanas representadas nos mapas, podendo-se assim realizar uma avaliação quantitativa da expansão da mancha urbana da cidade durante o período analisado (Figura 17).

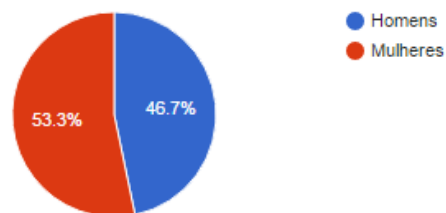
Figura 16 – Características dos bairros da Zona Norte da cidade de Boa Vista - RR.

Fotografia bairro	Características
<p><b>Paraviana</b></p> 	<p>Habitantes: 5.443</p> <p>Paraviana: Homens X Mulheres</p>  <p>Ponto de controle: 02° 51' 27,8" N 60° 39' 28,7" W</p>
<p><b>Aparecida</b></p> 	<p>Habitantes: 4.860</p> <p>Aparecida: Homens X Mulheres</p>  <p>Ponto de controle: 02° 50' 13,4" N 60° 39' 51,7" W</p>
<p><b>Dos Estados</b></p> 	<p>Habitantes: 4.639</p> <p>Dos Estados: Homens X Mulheres</p>  <p>Ponto de controle: 02° 50' 17,2" N 60° 40' 49,8" W</p>

**São Francisco**

Habitantes: 3.992

São Francisco: Homens X Mulheres

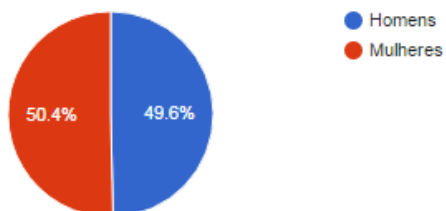


Ponto de controle:  
02° 49' 35,0" N 60° 40' 42,7" W

**Aeroporto**

Habitantes: 3.348

Aeroporto: Homens X Mulheres

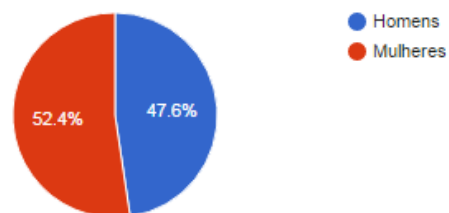


Ponto de controle:  
02° 49' 52,4" N 60° 42' 37,6" W

**31 de Março**

Habitantes: 1.631

Trinta e Um de Março: Homens X Mulheres



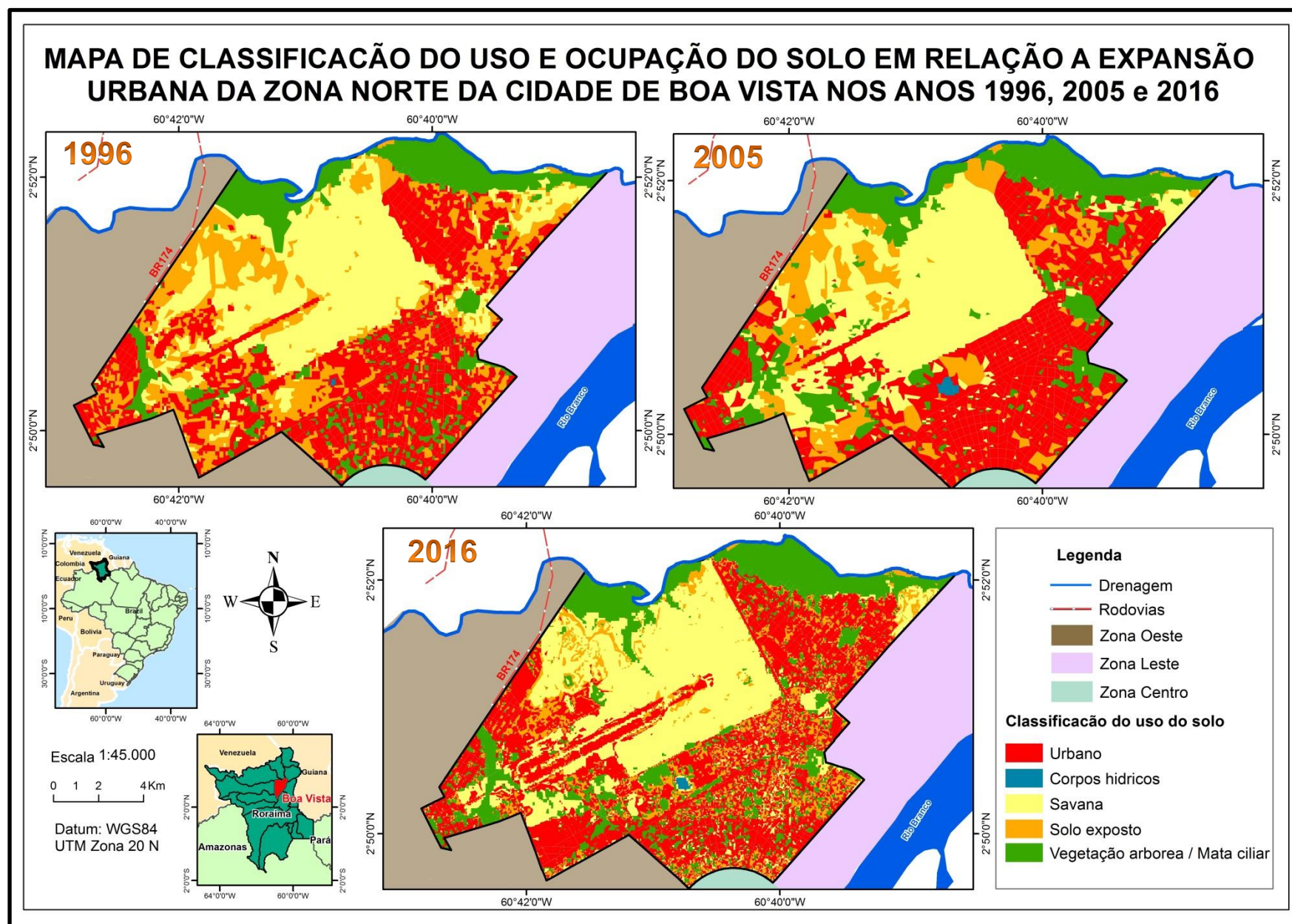
Ponto de controle:  
02° 50' 24,13" N 60° 40' 25,69" W

Elaboração e fotografias: Shirley Criollo

Fonte: IBGE (2010)

A figura 17 denota o processo de expansão urbana da zona Norte da cidade de Boa Vista que foi analisada mediante os mapas do uso e ocupação do solo, se mostra em cor vermelho a classe urbana para os anos de 1996, 2005 e 2016.

Figura 17 – Processo de expansão urbana da zona norte da cidade de Boa Vista para os anos de 1996 a 2016.

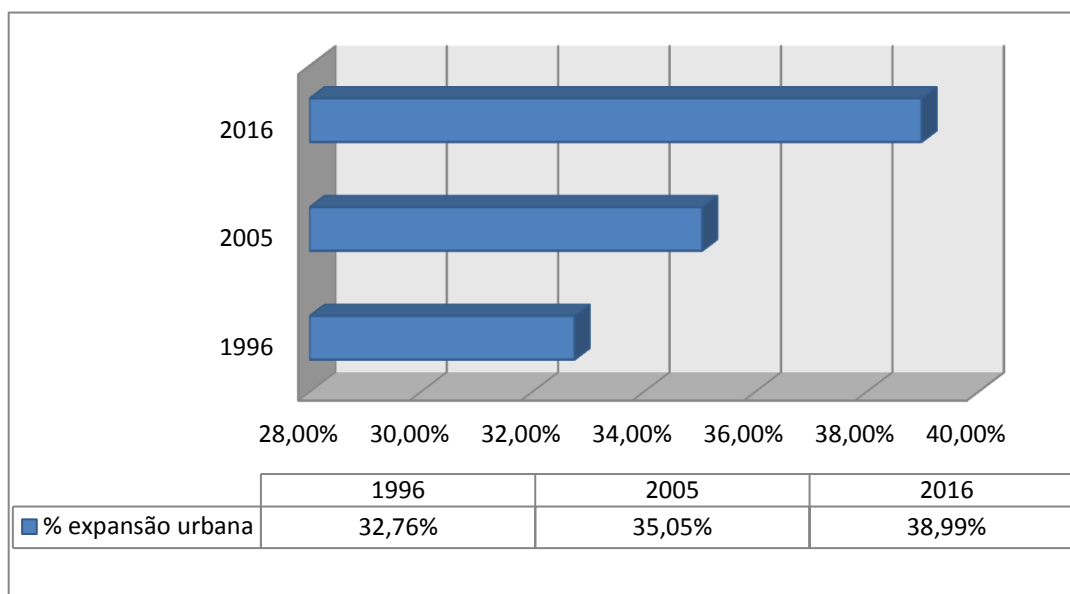


Através da análise dos mapas temáticos realizados apresentam-se as colocações de Silva (2009), que afirma que a rápida expansão urbana da cidade se deve principalmente as iniciativas de políticas locais, entre essas a situação dos períodos do governo Ottomar de Souza Pinto, quem entre 1991 e 1995, marcou a política de colonização afirmando que no espaço físico de Roraima existia abundancia de recursos naturais e que faria crescer a economia com a vinda dos migrantes.

Entre 1991 e 1996, as taxas de crescimento populacional não passaram de 3,29% anuais, contra 10,64% entre 1980 e 1991. Já em 2000, Roraima contava com 324.397 habitantes, distribuídos de maneira assimétrica entre os 15 municípios que compõem o Estado (IBGE, 2002). Tal concentração se dá nas sedes municipais, com destaque para as cidades de Boa Vista, Caracaraí, Iracema, Mucajaí e Rorainópolis.

Na análise das áreas nos mapas desenvolvidos por uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista pode se observar o aumento de porcentagem da área da classe “urbana” em relação às outras classes de classificação, para o ano de 1996 foi de 32,76%, para 2005 de 35,05% e para o ano 2016 um acrescentamento de 38,99% (Figura 18)

Figura 18 – Percentagem da classe urbana nos anos 1996, 2005 e 2016 para a zona norte da cidade de Boa Vista.



Elaboração: Shirley Criollo

Na tabela 6 se mostram as áreas expressadas em km<sup>2</sup> para um melhor entendimento sobre a expansão urbana no campo de estudo.

Tabela 6 – Área em km<sup>2</sup> e percentagem da classe urbana em relação as outras classes dos anos 1996, 2005 e 2016.

<b>Ano</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentagem</b>
1996	7,46	32,76%
2005	7,98	35,05%
2016	8,88	38,99%

Elaboração: Shirley Criollo

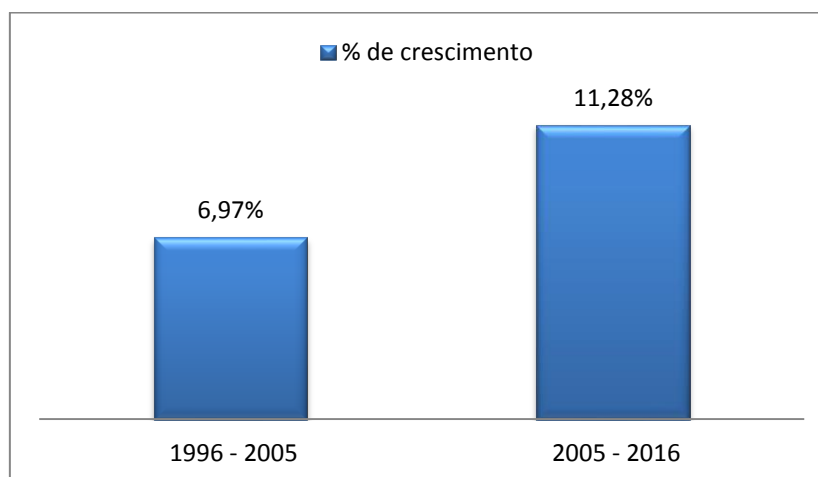
Com esses dados de análise espacial dos mapeamentos, determinou se a taxa de crescimento da área urbana em porcentagem dos períodos em estudo (Tabela 7), para os anos de 1996 a 2005 indicam um aumento de 6,97% e para o período de 2005 a 2016 um aumento de 11,28% expressados na figura 19.

Tabela 7 – Taxa de crescimento da área urbana da zona Norte da cidade de Boa Vista dos anos 1996, 2005 e 2016.

<b>Ano</b>	<b>Área urbana (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Incremento na área urbana (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Taxa de crescim. da área urbana (%)</b>
1996	7,46	-----	-----
2005	7,98	0,52	6,97
2016	8,88	0,90	11,28

Elaboração: Shirley Criollo

Figura 19 – Taxa de crescimento da área urbana em percentagem dos períodos 1996 – 2005 e 2005 - 2016 da zona norte da cidade de Boa Vista



Elaboração: Shirley Criollo

Entre outras observações na figura 17, na interpretação visual do mapa da área urbanizada de 1996 a 2005, observa-se que o crescimento urbano foi intenso em direção nordeste, por enquanto no período de 2005 à 2016 foi em direção norte para as cercanias do rio Cauamé e nesse mesmo período, observa-se uma intensificação na ocupação urbana em sentido oeste onde se nota a implantação de loteamentos dispersos

No trabalho desenvolvido por Ribeiro (2016) sobre o uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa vista – RR foi evidente que o processo de expansão da cidade foi bem intenso nos últimos 30 anos e o perímetro urbano revela isso. Em 1985 o perímetro urbano perfazia 31,27 km<sup>2</sup>, passando para 77,25 km<sup>2</sup> de perímetro em 1995, ou seja, um aumento percentual de 119,04%, mais que duplicando a área ocupada.

Já em 2005 o perímetro urbano totalizava 113,41 km<sup>2</sup>, registrando um crescimento de 31,88% de área ocupada e em 2014 houve aumento percentual de 8,68%, estando o perímetro urbano com 124,19 km<sup>2</sup>.

Neste caso, o enfoque a uma parte da cidade (Zona Norte) deu se com dados que revelam que o incremento da área urbana entre os dois períodos foi semelhante, destacando que o primeiro período analisado (1996 à 2005) é de 8 anos e o segundo ( 2005 à 2016) de 11 anos. A partir disso como se observou os dados de área em km<sup>2</sup> na (Tabela 7), conclui-se que a zona norte da cidade de Boa



Vista teve um crescimento urbano nas últimas décadas, tendo aumentado cerca de 20% sua área urbana.

Em outro trabalho desenvolvido por Silva (2015) sobre a mudança na paisagem de lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista, no mapeamento de classificação e uso do solo da zona mencionada destacou-se que no ano 1985 a urbanização foi de 8,22%, na imagem de 1995 apresenta um avanço de 20,99% principalmente em virtude do crescimento considerado acelerado, no ano 2005 uma percentagem de 30,31% e finalmente no ano 2014 um aumento de 38,34% que é uma realidade para a cidade de Boa Vista, destacada por Veras (2008) pela necessidade de novas áreas para serviços comerciais, destacados pelo autor como busca por novas centralidades em especial as localizadas no setor Oeste.

Estes dados são importantes para o entendimento referente ao crescimento populacional nas últimas décadas, como a cidade de Boa Vista passou por um acelerado processo de urbanização, marcado pela carência de moradias e como as oportunidades favoráveis de uma nova cidade estimulou o crescimento demográfico, levando ao crescimento desordenado.

Para Meneses, Costa e Costa (2007) devido à acelerada e desordenada expansão urbana, a cidade de Boa Vista vem sofrendo sérios impactos ambientais que incluem a extinção precoce de muitos lagos e brejos e o comprometimento da qualidade das águas lacustres através de práticas antrópicas.

Nesse contexto no trabalho realizado por Santos (2014), identificou-se que os igarapés da cidade de Boa Vista têm perdido áreas de seus limites naturais a exemplo de que em 1985 a bacia do igarapé Frasco apresentava uma área de 1,7 km<sup>2</sup> e a bacia do igarapé Auai Grande 4,9 km<sup>2</sup> sendo que em 2013 esses valores passaram a ser de 1 km<sup>2</sup> e 4,6 km<sup>2</sup>.

Desse modo, pode-se observar atualmente que as ações humanas estão causando algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão. Neste caso na cidade de Boa Vista o crescimento desordenado das áreas urbanizadas está provocando a degradação ambiental devido ao seu expressivo crescimento demográfico e territorial.

Desta forma é necessário o planejamento para que as populações que dependem da cidade em uso e ocupação do solo não provoquem mais prejuízos para o meio ambiente.

## 4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ZONA NORTE DA CIDADE DE BOA VISTA

O uso do solo é definido como a relação entre o espaço natural e as ações das pessoas em seu ambiente. Em outras palavras, o solo que antes era totalmente natural sofreu mudanças devido à ação antrópica e, por consequência, das várias atividades que visam à produção de um ou mais produtos ou serviços (FAO, 2003).

Após a classificação supervisionada, o mapeamento de classes do uso e ocupação do solo foi executado nas três imagens. Para os dados referentes à caracterização da área foram definidas 5 classes antes já descritas, de acordo com a proposta do Manual do Uso da Terra elaborado pelo IBGE em 2006, ressaltando que este sofreu adaptação devido à caracterização de áreas úmidas e solos expostos.


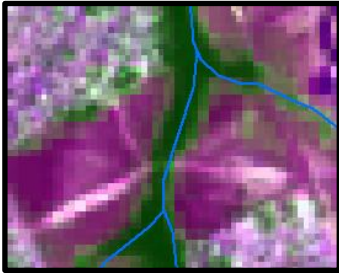

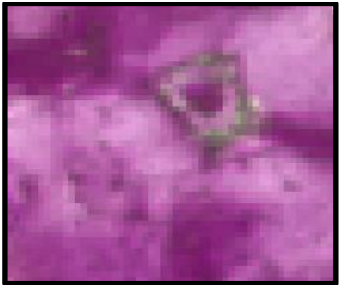

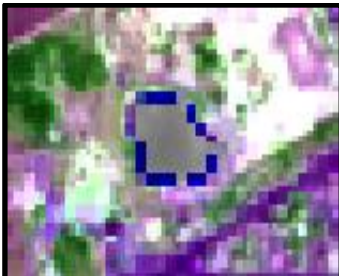




As mudanças espaciais de uso e ocupação do solo foram observadas a partir das imagens de satélite Landsat 5 sensor TM para o anos de 1996, imagem CBERS-2 sensor CCD de 2005 e imagem Landsat 8 sensor OLI de 2016 (previamente geoprocessadas), perfazendo 20 anos de análise.

Os mapas foram gerados a partir das imagens, identificando as áreas de expansão entre os três períodos, buscando através de esta representação espacial facilitar a análise das principais linhas de crescimento e da retirada de vegetação junto ao rio Cauamé.

Nesse sentido as análises buscaram entender a mudança do uso e ocupação do solo urbano através de mapas temáticos da zona norte da cidade, na qual se destaca o entendimento do crescimento urbano.

Vários usos da terra não foram facilmente reconhecidos na imagem, sendo necessária a realização de visitas a campo para conferir padrões de paisagem, com o uso do GPS, a fim de possibilitar maior precisão no mapeamento das classes de uso do solo, assim cinco classes foram criadas, (i) Vegetação arbórea/mata ciliar, (ii) Savanas, (iii) Corpos hídricos, (iv) Urbano e (v) solo exposto (Figura 20).

Figura 20 – Classes do uso e ocupação do solo, consideradas para o mapeamento da mudança no uso da terra da zona norte da cidade de Boa Vista – RR.

Fotografias	Imagens de satélite	Classes
		Vegetação arbórea / mata ciliar
		Savanas
		Corpos hídricos
		Urbano
		Solo exposto

Elaboração: Shirley Criollo

Nas interpretações visuais no mapa de uso e ocupação do solo do ano 1996 (Figura 21), pode se observar que a classe urbana fez pressão nas demais classes, e o aparecimento da classe de solo exposto indica também uma posição de possível avanço urbano.

A análise que se faz por meio do mapeamento e bibliografia para a cidade de Boa Vista neste período é o processo histórico que segundo Vale (2007) afirma que a migração e o crescimento populacional ocorreram em consequência do auge e declínio das atividades de garimpo que estavam sobre pressão de ações federais e internacionais principalmente em 1990.

Além das causas mencionadas, segundo Bonnato (2002) na época de 1990 o ato governamental instala sedes que necessitavam de instrumentos administrativos, de serviços e comércio, bem como mão de obra qualificada, por tanto, foram necessárias à entrada de servidores e cargos públicos estabelecidos inicialmente sem concursos.

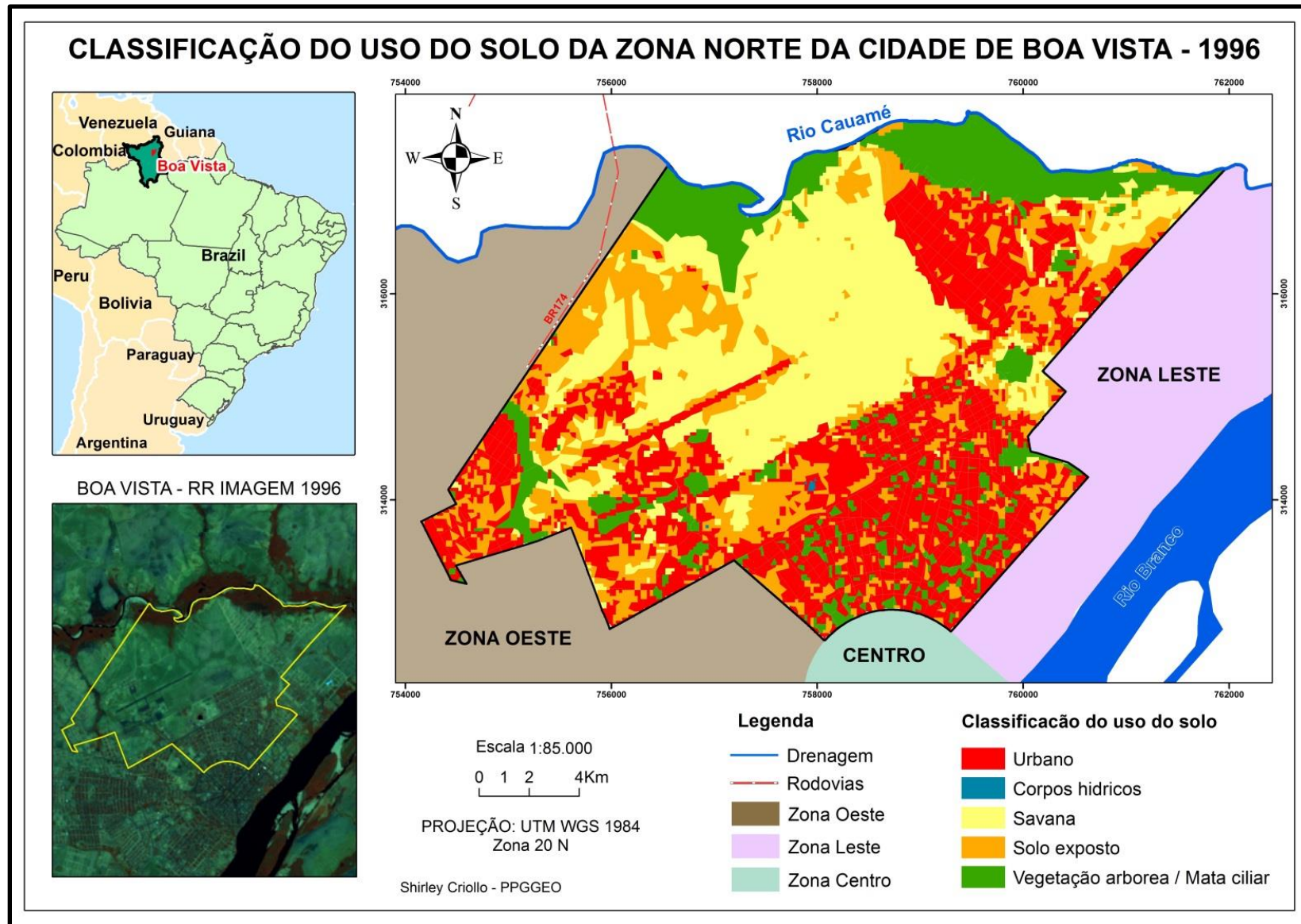
Para esse período o uso e ocupação do solo da cidade de Boa Vista que neste período foram norteados pela Lei 244 em 1991 que assinala a promoção de desenvolvimento urbano, zoneamento, uso e ocupação do solo, sistema viário e parcelamento do solo (BOA VISTA, 1991).

A relação de uso e ocupação do solo para essa década pode ser considerada e entendida pela fala de Veras (2008) sobre a dinâmica urbana e destaca que na cidade de Boa Vista o processo de reprodução, tanto no plano espacial como na dimensão econômica e político – estratégica e a relação do cotidiano da população são responsáveis pela relação como o meio ambiente e as formas de uso e ocupação do solo.

No mapa temático deste período mostra que o uso do solo pela urbanização acarretou modificações impressas na paisagem antes composta por áreas de savanas e igarapés com sua vegetação.

Nesse sentido as classes destacadas para classificação serviram para entender através da evolução do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista as classes que avançaram e ou regrediram no intervalo de 20 anos.

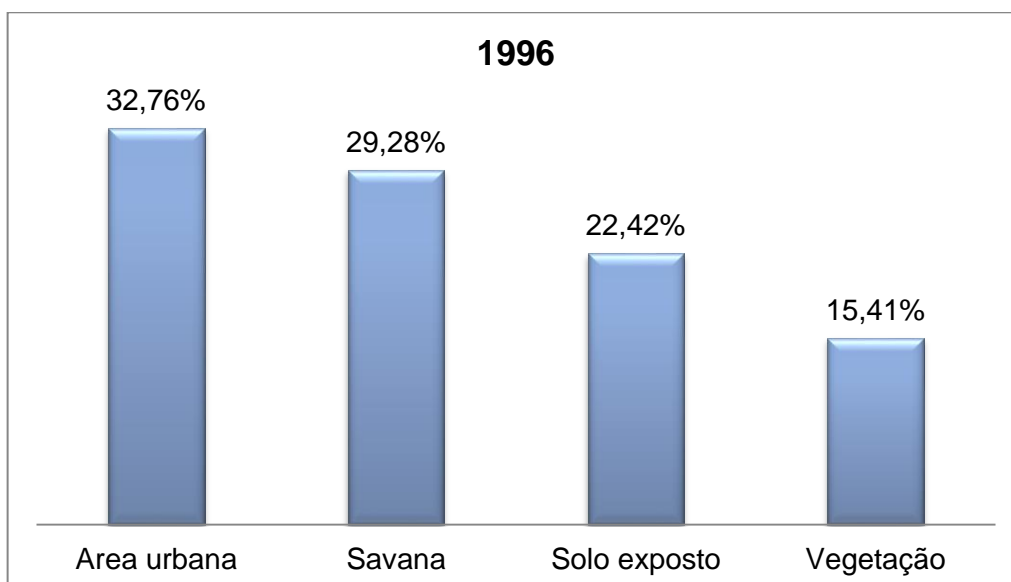
Figura 21– Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR a partir da imagem de satélite Landsat 5 de 1996.



Elaboração: Shirley Criollo

A classificação da imagem de 1996 mostra que 32,76% da área de estudo se apresentam urbanizada e que as classes predominantes são savana com 29,28% de área e vegetação ciliar/arbustiva com 15,41%. Apesar de a classe solo exposto apresentar percentual de 22,42%, este se torna expressivo devido se concentrar em áreas próximas ao espaço urbano, podendo indicar indícios de uso para moradia e/ou atividades ligadas ao setor primário da economia. A (Figura 22) e (Tabela 8) demonstra a representatividade dos dados de uso de cobertura de 1996 descritos acima em percentagens e área em km<sup>2</sup>.

Figura 22 – Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996, a partir da imagem de satélite Landsat 5.



Elaboração: Shirley Criollo

Tabela 8 – Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Área urbana	7,46	32,76
Savana	6,666	29,28
Solo exposto	5,105	22,42
Vegetação	3,507	15,41

Elaboração: Shirley Criollo

No trabalho desenvolvido por Ribeiro (2016) sobre uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista, na classificação da imagem do ano 1995 mostra uma expansão da área urbana a qual passa a ter um percentual de 9,41%, concomitante ao aumento da área de solo exposto que cresce para 6,31%. A vegetação ciliar/secundária tem um relativo aumento, ficando em 23,16% e a savana com 55,72%.

Silva (2015), no trabalho sobre mudança na paisagem de lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista mostra a classificação do solo para o ano 1995, dados de 20,99% da classe urbana, savana com 41,57% de área, vegetação ciliar/arbustiva com 13,33% e a classe solo exposto 13,47%.

Embora os dois estudos confirmem um avanço da classe urbana não tão significativa neste período, cabe destacar que o primeiro trabalho foi realizado no nível de toda a cidade, e o segundo só na zona oeste, os dados mudam de acordo à área de estudo de cada um, neste caso a classe com maior valor foi à savana.

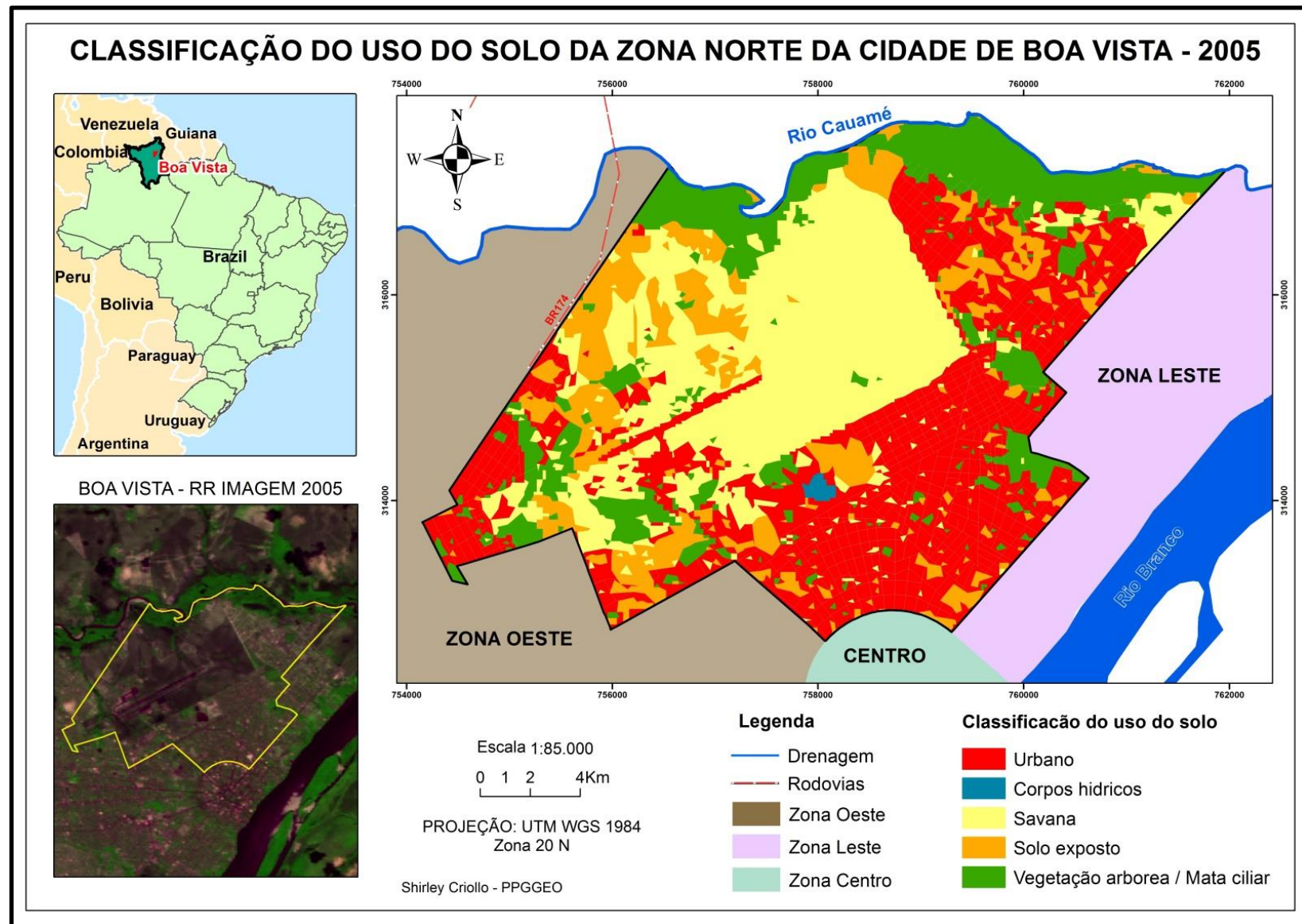
Enquanto a expansão urbana nas proximidades do rio Cauamé se verificou que o uso do solo pela urbanização teve pequenas modificações na paisagem, se destaca a mata ciliar esta ainda preservada e sem muitas pessoas morando nas cercanias.

Enquanto a observação do mapa de classificação de uso do solo no ano 2005 cabe destacar que pode se ver as questões de Falcão et al., (2008) mostrando um período do rompimento da configuração planejada, um momento desordenado por invasões de terrenos indicado pelo poder público e com isto, construções de edificações irregulares que se expandiram iniciando o ano 2000 (Figura 23).

Os incentivos políticos ainda eram presentes como afirma Veras (2008) no período de 2002 a 2004. Para tanto, foram loteados e construídas casas na zona Oeste ocorrendo o crescimento populacional e mais uma vez a expansão da cidade, na qual segue em direção principalmente na zona oeste.

O mesmo autor aponta fatores para o crescimento urbano como: atividade agropecuária, mineração, migração, políticas de assentamento regional e reforma administrativa em 2003.

Figura 23 – Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR a partir da imagem de satélite CBERS2 do ano 2005.



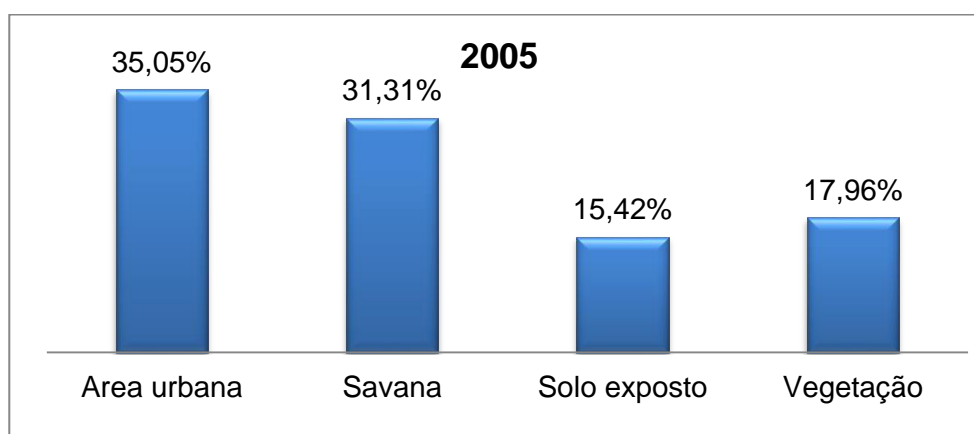
Elaboração: Shirley Criollo



Classificada a imagem de 2005, o mapa demonstra um crescimento urbano de 35,05% e o solo exposto diminui a 15,42% a diferença do ano de 1996, por que esses terrenos já foram usados para a criação de novas moradias. Neste caso outro ponto a ser observado é o aumento da classe de vegetação arbórea e mata ciliar com 17,96%, que pode ser entendido como consequência da expansão urbana na prática de plantar árvores exóticas nos lotes como foi notado nas visitas de campo.

A (Figura 24) e (Tabela 9) demonstra a representatividade dos dados de uso de cobertura de 1996 descritos acima em percentagens e área em km<sup>2</sup>.

Figura 24– Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 1996, a partir da imagem de satélite CBERS2.



Elaboração: Shirley Criollo

Tabela 9 – Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2005.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Área urbana	7,98	35,05
Savana	7,13	31,31
Solo exposto	3,51	15,42
Vegetação	4,09	17,96

Elaboração: Shirley Criollo

No trabalho desenvolvido por Ribeiro (2016) sobre uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista, na classificação da imagem do ano 2005 mostra uma expansão da área urbana a qual passa a ter um percentual de 14,38%, o solo

exposto que diminui para 4,08%, a vegetação ciliar/secundária tem um aumento, ficando em 25,35% e a savana com 47,6%.

Silva (2015), no trabalho sobre mudança na paisagem de lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista mostra a classificação do solo para o ano 2005, dados de 30,31% da classe urbana, savana com 32,36% de área, vegetação ciliar/arbustiva com 14,08% e a classe solo exposto com 3,79%.

Neste caso os dois estudos confirmam um avanço da classe urbana com percentagens maiores que em anos anteriores, porém a área de savana continua sendo a mais significativa por causa da presença marcada desta classe na zona oeste da cidade. Estes também demonstram como o cenário natural de savanas, igarapés e matas ciliares, alcançou uma situação ambiental preocupante na cidade.

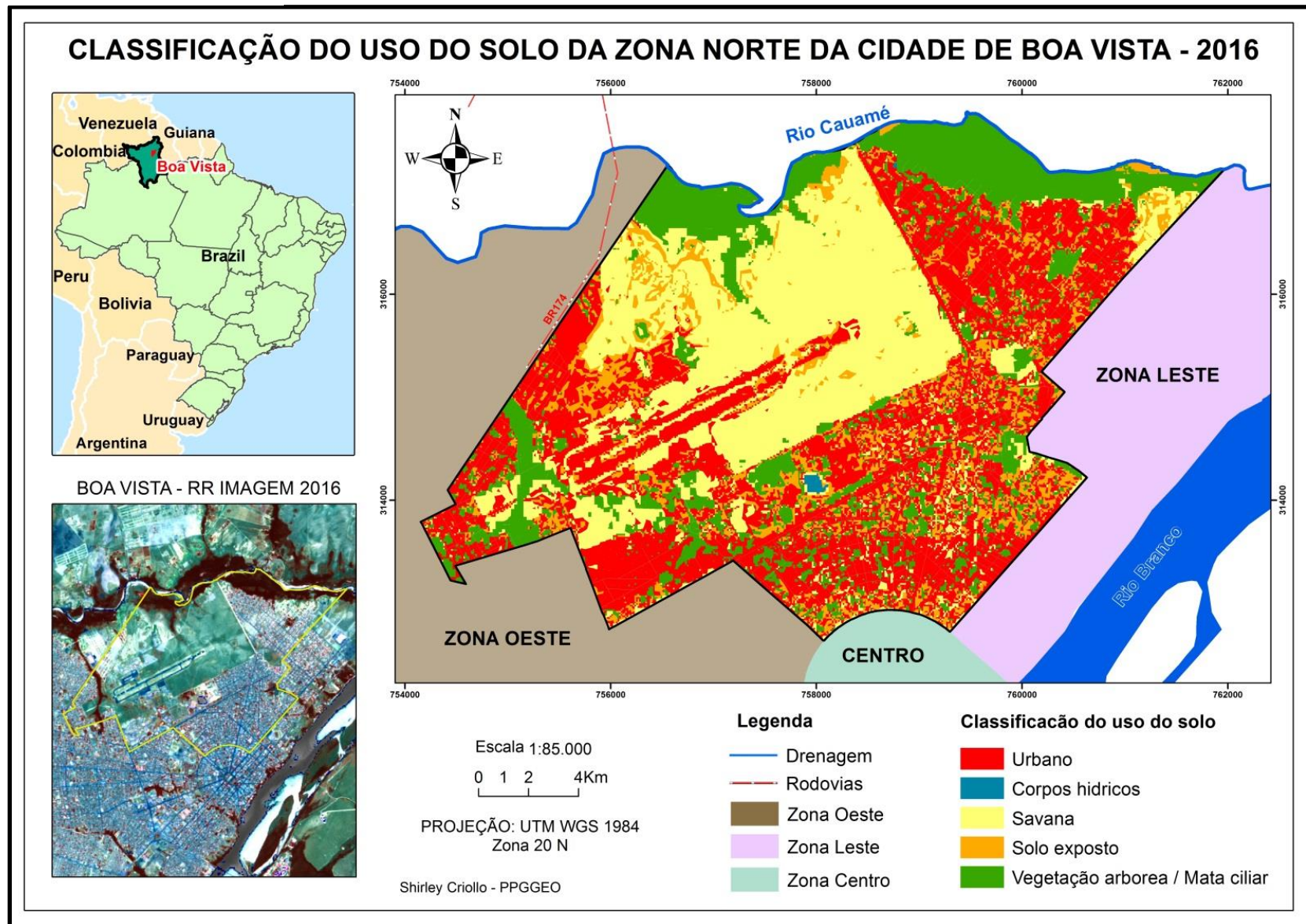
Mesmo que varias medidas foram desenvolvidas no intervalo de 2005 a 2014, incluindo implantação de leis para nortear o uso e a ocupação do solo. Para tanto, a cidade de Boa Vista calcada em Lei maior como a do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) conferiu obrigatoriedade para as cidades implantarem seus Planos Diretores. Nesse sentido, a cidade de Boa Vista elabora seu Plano Diretor, no qual foi estabelecida pela Lei complementar 924 de 26 de novembro de 2006 (BOA VISTA, 2006).

O crescimento populacional na cidade de Boa Vista entre os anos de 1995 e 2005 segundo Veras (2008) se deve em parte, nos anos 2000 a política adotada por Ottomar de Souza Pinto, então prefeito, que ao incentivar o setor agrícola e a migração atraí muitas pessoas oriundas da região Nordeste e Centro-Sul do país para a cidade de Boa Vista, com a promessa de casa própria e emprego.

Tal crescimento fez com áreas ocupadas precariamente começassem a receber equipamentos urbanos necessários ao deslocamento e lazer. Veras (2008) destaca que durante o mandato da prefeita Teresa Jucá iniciada em 2005 houve a construção do Terminal de Integração João Firmino Neto (hoje desativado) e a construção de áreas de lazer como a Vila Olímpica.

Nesse sentido, áreas antes ocupadas de forma precária ganham condições e atraem novos moradores, oriundos de migração, os quais passam a procurar moradia na cidade, adensando a malha urbana de Boa Vista em anos seguintes, como mostra o mapa da classificação do ano 2016 com uma mudança da paisagem marcada pela urbanização, observada na (Figura 25).

Figura 25– Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR a partir da imagem de satélite Landsat OLI do ano 2016.



Elaboração: Shirley Criollo

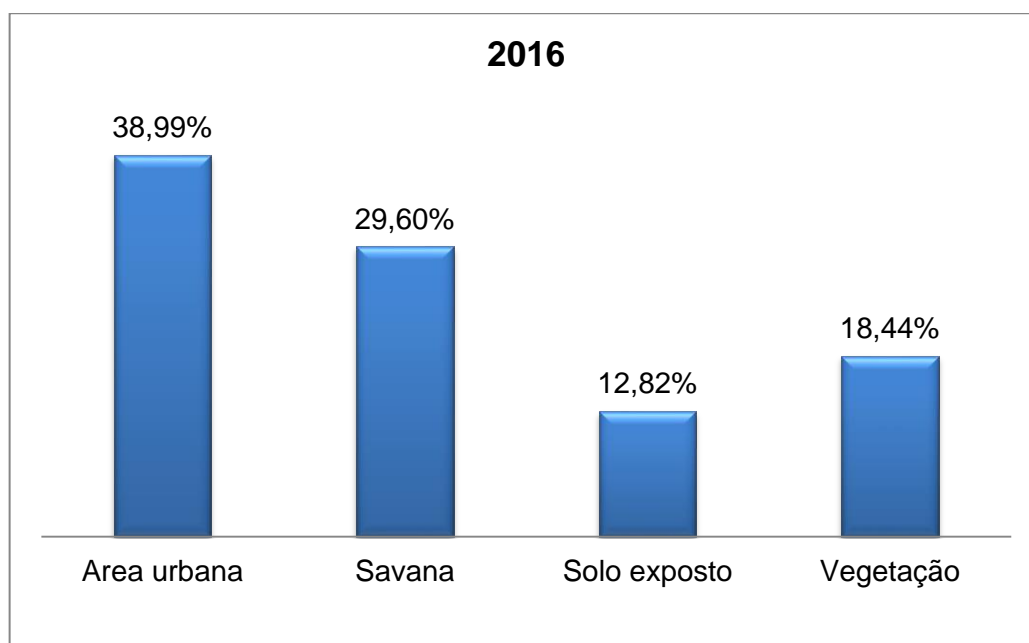
Para o período de 2016 o aumento da classe de área urbana apresenta um aumento de 38,99%, e o solo exposto se reduz a 12,82% bem como os valores para savana com 29,60% mostrando que espaços desocupados antes, em direção ao norte nos arredores do rio Cauamé principalmente no bairro Paraviana já estão sendo ocupados. A expansão urbana visualizada, é uma realidade da cidade que conforme Veras (2008), decorre da necessidade de novas áreas para serviços comerciais e especulação imobiliária e ocupações irregulares ocorridas até 2014.

Enquanto a dados de vegetação, esta continua crescendo num 18,44% pelas razões explicadas sobre a prática de plantação.

Os valores de área de savana tinham mantido seu percentagem relativamente nos três anos de estudo já que a presença deste tipo é encontrada principalmente em torno do aeroporto da cidade. Este tipo de vegetação foi definido por Campos (1926) pela dominância compartilhada das sinúsias arbórea e herbácea, apresenta árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10 m), em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo.

A (Figura 26) e (Tabela 10) demonstra a representatividade dos dados de uso de cobertura de 1996 descritos acima em percentagens e área em km<sup>2</sup>.

Figura 26– Gráfico do uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2016, a partir da imagem de satélite Landsat OLI.



Elaboração: Shirley Criollo

Tabela 10– Áreas de uso e ocupação do solo da zona norte da cidade de Boa Vista – RR para o ano 2016.

<b>Classe</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Area urbana	8,88	38,99
Savana	6,74	29,60
Solo exposto	2,92	12,82
Vegetação	4,2	18,44

Elaboração: Shirley Criollo

Os dados observados de urbanização para este período pode se relacionar com o texto de Veras (2009) onde afirma que houve continuidade ao trabalho de asfalto e calçamento, executando-se 285 km de asfalto em 639 ruas e avenidas da capital e 117 km de calçadas em vários bairros. A (Tabela 11) mostra com especificidade estas implantações nos bairros da zona norte.

Tabela 11- Quadro da pavimentação e calçamento de vias com destaque para os bairros da zona norte da cidade de Boa Vista.

<b>Bairro</b>	<b>Pavimentação (km)</b>	<b>Calçamento (km)</b>
Paraviana	31	-
31 de Março	-	440 m
Aeroporto	16	2.950
Dos Estados	-	1.265
São Francisco	1	1.890

Elaboração: Adaptadp de Veras (2008).

No trabalho desenvolvido por Ribeiro (2016) sobre uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista, na classificação da imagem do ano 2014 percebe-se um severo adensamento urbano na cidade de Boa Vista, a qual passa de uma área ocupada de 14,38% em 2005 para 16,17% quase duplicando a área.

Os dados apresentados revelam que houve aumento da classe corpos d'água (9,25%), bem como da classe savana (48,04%), as quais podem estar associadas a indistinção de classes em imagens de qualidade inferior. Houve uma diminuição da classe solo exposto, a qual reduziu para 4,05%, bem como da classe vegetação ciliar/secundária que conta com 21,29% de área para o ano de 2014.

Silva (2015), no trabalho sobre mudança na paisagem de lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista mostra a classificação do solo para o ano 2014, um aumento significativo da urbanização com dados de 38,34%, uma diminuição nas ocupações de savanas que passam a 28,92%, a classe de vegetação ciliar/arbustiva com 14,86% e a classe de solo exposto com 2,53%.

Os dois estudos dos autores demonstraram o processo de expansão urbana na cidade de Boa Vista assim como os dados do presente trabalho, reduzindo valores de savana, vegetação arbustiva/mata ciliar e solo exposto para abrir caminho para a parte urbana.

É importante ressaltar que na classificação do uso e ocupação do solo não foi tida em conta na análise da classe de corpos hídricos, pois a maioria destes estão na zona oeste da cidade, neste estudo, o percentual era quase nulo em relação as outras classes.

Os dados analisados de 1996, 2005 e 2016 mostram um processo dinâmico do uso do solo na cidade de Boa Vista, o qual foi acompanhado de perto pelo poder público municipal e por meio da criação de planos diretores (1991 e 2006).

Este quadro mostra que a cidade de Boa Vista precisa de instrumentos de planejamento para alcançar um consenso com a questão ambiental e de preservação, pois a classe de expansão urbana sobressaiu sobre as demais classes por falta de controle e medidas de gestão na cidade.

E relevante ressaltar que a qualidade da classificação foi melhorando conforme a resolução espectral de cada imagen, segundo o coeficiente Kappa a classificação da imagen de 1996 teve índice 0,75 considerado substancial conforme a literatura, da imagen de 2005 o índice foi de 0,77 considerado substancial, enquanto que a classificação do ano de 2016 apresentou índice de 0,81 considerado quase perfeito. Os dados podem ser encontrados no apêndice C, D e E.

### 4.3 ANÁLISES DA RETIRADA DE VEGETAÇÃO CILIAR NAS PROXIMIDADES DO RIO CAUAMÉ ATRAVÉS DA CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO.

Os bairros que estão nas cercanias da mata ciliar do rio Cauamé são Paraviana e Aeroporto. Nas proximidades do bairro Aeroporto não há grande influencia de retirada de vegetação por que se encontram localizadas as instalações do aeroporto da cidade. No entanto o bairro Paraviana se aproxima a uma realidade mais preocupante na questão da retirada de vegetação.

As moradias do bairro Paraviana perto da mata ciliar do rio Cauamé já são notórias. Mesmo assim durante as visitas de campo pode-se observar prédios construídos recentemente e materiais de construção colocados nas proximidades, mostrando a atividade de construção de novas residências (Figura 27).

Figura 27- Mudança do solo, moradias em construção no bairro Paraviana nas proximidades do rio Cauamé.



Shirley Criollo (2016)

Para Veras (2008), o espaço urbano de Boa Vista, ao passo do tempo destinado a cumprir funções específicas que mudam de acordo com as necessidades e interesses de organizações sociais e políticas, mas esta transformação da cidade em poucos períodos de tempo pode ter consequências mais relevantes, principalmente na área ambiental. Essa problemática se deve à

expansão urbana, que têm acarretado a ocupação irregular de áreas consideradas de risco e áreas de preservação permanente (APP) e também de áreas frágeis.

A principal característica do rio Cauamé para entender a problemática e que ao longo do seu perímetro urbano, além do uso habitacional em áreas de invasão, também se enquadra o uso destinado ao lazer, conhecidas como praias, e que são frequentadas por banhistas, em busca de descanso, principalmente aos finais de semana.

Além dos problemas de uso ocupacional nestes ambientes é fundamental entender a vulnerabilidade ambiental, pois o uso irregular e atividades de lazer, favorecem impactos diretos ao meio ambiente como depósitos de lixo, lançamento de efluentes, compactação do solo e alteração na cobertura vegetal como se observa nas cercanias do bairro Paraviana (Figura 28).

Figura 28- Impactos ao médio ambiente, presença de lixo no bairro Paraviana nas proximidades do rio Cauamé.



Shirley Criollo (2016)

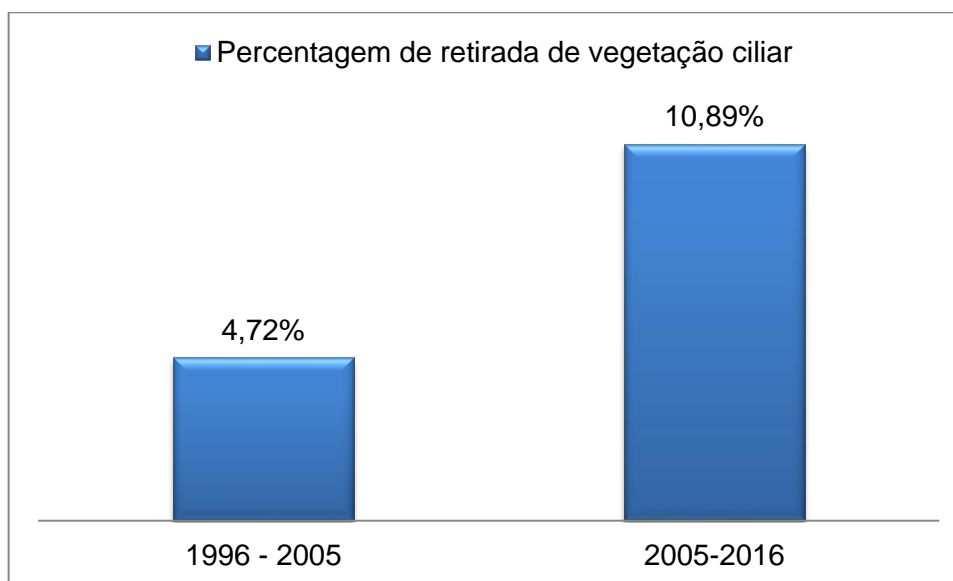
Percebe-se pelos mapas realizados dos três anos, que o tecido urbano da zona norte sofreu alterações significativas de crescimento, e pode se pensar que nestes bairros nas proximidades do rio Cauamé destaca-se a implantação de novos conjuntos habitacionais em áreas que deviam ter maior atenção e planejamento para não afetar o meio ambiente. Os planejamentos devem atender ao crescimento



urbano no sentido de fazer-se cumprir a legislação para áreas de corpos de água.

Nas análises referentes a cada período dos anos 1996, 2005 e 2016, pode-se observar uma retirada de vegetação significativa, no ano 1996 existiam 2,12 km<sup>2</sup> de mata ciliar, para o ano 2005 2,02 km<sup>2</sup> e já para o ano 2016 uma redução para 1,80 km<sup>2</sup>, apresentados em porcentagem na (Figura 29).

Figura 29- Porcentagem da retirada de vegetação nas proximidades do rio Cauamé pela expansão urbana dos bairros da Zona norte da cidade de Boa Vista - RR



Elaboração: Shirley Criollo

Esses dados indicam que os principais problemas ambientais que podem ser identificados ao longo do rio são principalmente a ocupação irregular e a falta de políticas para impedir a expansão urbana, a degradação ambiental ocasionada pela destruição das matas ciliares, poluição doméstica devido à falta de saneamento básico, o que contribui para um aumento das áreas de vulnerabilidades, principalmente para a ocorrência de inundações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Boa Vista é uma cidade considerada como “jovem” e seu alto crescimento populacional deve-se principalmente a seus atrativos como a possibilidade de emprego, pois ela hospeda as sedes municipais e estaduais, além de várias agências federais. Infelizmente o crescimento dos últimos anos tem provocado profundas transformações sociais, económicas, demográficas, políticas e ambientais.

A expansão da área urbana da cidade de Boa Vista é ocasionada pelo grande crescimento demográfico que a cidade vem enfrentando nas últimas décadas. A concentração populacional da zona Norte, por exemplo, são atualmente, responsáveis pelo agravamento de problemas relacionados à ocupação desordenada do solo e destruições da mata ciliar no rio Cauamé.

O entendimento da mudança de paisagem do uso e ocupação do solo foi possível com a utilização de imagens de satélites que ajudaram no armazenamento de dados, tratamento e edição de mapas para contribuir para a análise da expansão urbana da zona norte da cidade. Através dos dados referentes à retirada de vegetação, foi possível constatar que a zona urbana da cidade passa por um processo de insustentabilidade, agravado pela expansão urbana e modernização.

O enfoque da expansão urbana para os bairros da zona norte da cidade de Boa Vista neste trabalho deu-se com dados que revelam que o incremento da área urbana no primeiro período analisado (1996 à 2005) é de 8 anos e o segundo (2005 à 2016) de 11 anos. A partir disso conclui-se que a zona norte da cidade teve um crescimento urbano nas últimas décadas, tendo aumentado cerca de 20% sua área urbana.

O que se percebe nestes 20 anos de estudo é que a cobertura vem oscilando entre diminuição e aumento, podendo estar associado a surgimento de vegetação secundária, bem como sua posterior retirada para implantação de usos diversas, além da moradia em si. Porém a pressão da classe urbana sobre as outras classes foi notória nos três anos sendo entendida a mudança da paisagem por fatores antrópicos de forma irreversível no uso e ocupação do solo pela necessidade de morar.

Os resultados obtidos pela metodologia utilizada neste trabalho podem ser relevantes para um conjunto de estudos futuros, assim, uma das contribuições relevantes do presente estudo está na utilização de metodologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto, que possibilitaram a identificação e caracterização em termos quantitativos e espaciais de situações da mudança de paisagem, bem como a análise das suas relações com os processos de expansão urbana.

O uso de metodologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto é um dos caminhos mais efetivos para ampliar este diálogo dos estudos de população com outras disciplinas que abordam os processos de urbanização, principalmente o planejamento urbano e a geografia.

A metodologia proposta nesta pesquisa possibilitou detectar e quantificar as relações e mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo, vegetação assim como, a evolução das atividades antrópicas que causam impacto ao meio, mostradas em gráficos e mapas para um melhor entendimento. Neste caso conseguiu se observar o processo de mudança de solo no intervalo de 1996 a 2016, e os resultados obtidos demonstram que com a utilização de bases de dados públicos e imagens gratuitas é possível desenvolver uma metodologia de monitoramento de expansão da ocupação destas áreas.

Os resultados alcançados neste estudo apresentaram um desempenho satisfatório na classificação do uso e ocupação do solo, o resultado final foi validado utilizando matriz de confusão e índice Kappa, apresentando um valor de 0,75 para 1996, 0,77 para 2005 e 0,81 para 2016 considerada “substancial” na literatura.

Os resultados apresentados em forma de imagens, tabelas e gráficos permite entender que o uso de imagens de satélite de diferentes datas mostrou-se de grande importância para o mapeamento de áreas desmatadas e situações de expansão urbana, o cruzamento dessas variáveis deu uma visão panorâmica da realidade, possibilitando a confecção de mapas temáticos e permitindo conhecer mais sobre a zona Norte da cidade de Boa Vista que não tem muitos estudos na atualidade.

## REFERENCIAS

AMORIM, M. **Análise ambiental e qualidade de vida na cidade de Presidente Prudente/SP**. 1993. 136p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

AZEVEDO, N. Urbanização, cidade e meio ambiente. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 12, 2002.

BALLESTER, M. et al. Desenvolvimento planejado (utilização do solo) da estação ecológica de Jataí. In: ESTEVES, F.A. (ed.). **A ecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, n. 616, p. 511-522. 1995.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima**. INPA. p. 325-334, Manaus, 1997.

BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. **Diversidade de Savanas de Roraima**. **Revista Ação Ambiental**: Roraima Ambientes do Extremo Norte do Brasil, Viçosa. n. 32, p. 19-23, jul/ago,2005.

BARRETO L. et al. **Reflectância a Partir do Número Digital de Imagens ETM+**. Anais XI SBSR, 2003. 2071-2078 p.

BOA VISTA. Lei n. 244, de 06 de setembro de 1991. Plano Diretor de desenvolvimento urbano de Boa Vista. **Banco de Leis municipais**. Disponível em: <<http://www.boavista.rr.gov.br/prefeitura-legislacao-municipal>>. Acesso em: 11 de maio. 2016

BOA VISTA. Plano Diretor de Boa Vista–RR. Boa Vista: Prefeitura Municipal de Boa Vista, 2006. Disponível em: <[http://www.boavista.rr.gov.br/produto7/03\\_DiagInt\\_geologia.PDF](http://www.boavista.rr.gov.br/produto7/03_DiagInt_geologia.PDF)>. Acesso em: setembro 2016.

BONNATO, F. **Transformações naturais na paisagem natural de Boa Vista, Roraima: um diagnóstico ambiental por geoprocessamento**. 2002. 440 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F.C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: IGCE-UNESP, 2003.

BRASIL, Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasil, DF, 11 jul. 2001.

BURROUGH, P & MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems. Spatial Information Systems and Geostatistics.** Oxford University, Oxford, 1998.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG – RJ). **Acta Limnol.** Brasilia, v.14, n.1, p.91-98, 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, INPE, 2001.

CAMPOS, G. de. **Mappa florestal do Brasil.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, Typ. do Serviço de Informações, 147 p. 1926.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. (editores). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2004.

CHAGAS, J. **A ciência do Desenvolvimento Humano: uma perspectiva interdisciplinar.** Em M. Dessen & A. Costa Jr. (Orgs). In: *A ciência do desenvolvimento humano – tendências atuais e perspectivas futuras* (pp. 19-36). Porto Alegre: Artmed, 2005.

CHAVEZ, P. S. **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data.** *Remote Sensing of Environment*, v. 24, p. 459-479, 1988.

COHEN, J. A. **Coefficient of Agreement for Nominal Scales.** *Educational and Measurement.* Vol XX, No 1, p. 37-46, 1960.

COSTA, J. A. V et al. **Diagnóstico físico:** Plano Diretor de Boa Vista–RR. Boa Vista: Prefeitura Municipal de Boa Vista, 2006. Disponível em: <[http://www.boavista.rr.gov.br/produto7/03\\_DiagInt\\_geologia.PDF](http://www.boavista.rr.gov.br/produto7/03_DiagInt_geologia.PDF)>. Acesso em: 01 abril 2017.

COSTA, J. A. V. **Compartimentação do Relevo do Estado de Roraima.** In: OLIVEIRA, Rafael da Silva. (Org.). *Roraima em Foco: pesquisas e apontamentos recentes:* UFRR, p. 77-107, Boa Vista, 2008.

CRIOLLO, S. J.; FIALLOS, D.M. **Propuesta de un plan de manejo para los páramos del frente occidental del cantón Ambato.** 2012. 182 p. Tesis para la obtención del título en Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente – Departamento de ciencias de la Tierra y de la construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Quito Ecuador, 2012.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** IG/UNICAMP, 1992. 170p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ministério de minas e energia Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral. **Geodiversidade do**

**estado de Roraima programa geologia do Brasil levantamento da geodiversidade**, Manaus, Brasil, 2014.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade urbana**. São Paulo: Gaia, 2002.

EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. **Evidências de Movimentos Transcorrentes na Bacia do Tacutu**. Belém: SBG, Cong. Bras. Geol., p. 2278 – 2172, 1988.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. Estudo preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio branco, estado de Boa Vista – RR. In: SILVA, P. R. F, OLIVEIRA, R. S. (Org.) **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado**. Boa Vista editora UFRR, 2008.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Planning for sustainable use of land resources**. FAO land and water bulletin 2. Rome: FAO, 2003.

FALCÃO, M. T. et al. A Ocupação e Crescimento irregular em Boa Vista-RR e Suas Implicações na Saúde Ambiental: Estudo de Caso no Bairro São Bento. In: SILVA, Paulo Rogério; OLIVEIRA, Rafael da Silva. (Org.). **Roraima 20 anos as geografias de um novo estado**, Boa Vista: Editora UFRR, p. 245-271, 2008.

FALCÃO, M. T.; BURG, I. P.; COSTA, J. V. Expansão urbana de Boa Vista / RR e os reflexos sobre os recursos hídricos. **Revista Equador (UFPI)**, Piauí, v. 4, n. 2, p. 98 – 113. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>, 2015.

FARIAS, M. V. A; VERAS, A. S. S.; PAIXÃO, S. U. A. Degradação do corpo hídrico no urbano em Boa Vista– RR. **TEXTOS & DEBATES**, Boa Vista, [S.l.], v. 1, n. 18, p. 129-138, 2012.

FARIAS M. R.; GRIGIO A. M.; TORQUATO M. C. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 25, p.281-290, mai/ago.2013.

FERREIRA R.; CORDEIRO L.; OLIVEIRA P. **Análise da fragilidade ambiental como suporte ao planejamento do ecoturismo em unidades de conservação**, estudo de caso Flona de Irati-PR. Curitiba, PR, v41, n.2, p. 231-242, abr/jun, 2011.

FIGUEREIDO, D. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. Relatório Técnico. CONAB – Companhia nacional de Abastecimento. Brasília, 2005. 32p.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos. São Paulo, 160p., 2008.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2002. 104 p.

FORMAN, R. T.T. **“Land Mosaic: The Ecology of Landscapes and Regions”**. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

FRANCO, E. M. S.: DEL ARCO, J.O.; RIVETTI, M. Geomorfologia. In: BRASIL. **Projeto Radambrasil**. (Levantamento dos Recursos Naturais v.8). Rio de Janeiro: IBGE, 1975. p. 137-180.

FREITAS, A. **Geografia e História de Roraima**. Manaus: GRAFIMA. 1997.

FREITAS et al. **Fusão de Imagens Cbers-CCD com Cbers-HRC para obter uma melhor interpretação das subregiões e áreas antrópicas do Pantanal**. Anais do 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal/Embrapa Informática Agropecuária. Corumbá: INPE, 2009, p. 412-421.

GROSTEIN, M. MetrÓpole e expansão urbana a persistência de processos "insustentáveis". **São Paulo em perspectiva**, São Paulo, v. 1, n. 15, 2001

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010** – Sinopse estatística do município de Boa Vista. Rio de Janeiro: IBGE 2010. 260 p. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 11, maio, 2016.

KROONENBERG, S. B. **Amphibolite-facie sand Granulite-facies** Metamorphism in the Coeroeni-Lucie Area, Southwestern Suriname. Geol. Mijnb. Dienst. Suriname, Medeling, 25, 1976. p. 109-289. Suriname, 1976.

LANDIS JR, KOCH GG. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, n.33, p. 159-174, 1997.

LANGLEY, S. K.; CHESHIRE, H. M.; HUMES, K. S. A Comparison of Single Date and Multitemporal Satellite Image Classifications in a Semi-Arid Grassland. **Journal of Arid Environments**, v. 49, nº. 2, 2001.

LIMA, M. G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*, v. 91, n. 2/3, p. 241-247, 1999.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas MetrÓpoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 244p, 1985.

LOPES, E. S. **Hidroclimatologia**. Manaus, s.n., v. 1-B. t. 3, Manaus, 2002.

MACHADO, L. Qualidade Ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos. In: MARTOS, H. L. e MAIA, N. B. *Indicadores Ambientais*. Sorocaba: Bandeirante Ind. Gráfica S.A, 1997, p. 15-21.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Coordenação Editorial Emerson de Assim. – Viçosa, Aprenda Fácil, 146p. 2001.

MATOS, F. C. et al. Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Biociências, UNITAU**, Pará, v. 17, n. 1, 2011. Disponível em [periodicos.unitau.br](http://periodicos.unitau.br)

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L.; COSTA, J. A. V. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, [S.l.], v. 37, n. 3, p. 478-489, 2007.

MORIM, L.; CORDEIRO, J. Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundo de vale. 16p. 2004. Disponível em: < [www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/martucci.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/martucci.pdf) > Acesso em abril 2016.

MOTA, S. Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: ABES. 352p, 1999.

NETO R., et al. Crescimento urbano e degradação ambiental das nascentes (Igarapés: Grande, Paca E Caranã) Área Urbana de Boa Vista - Roraima. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. **Geomorfologia Tropical e Subtropical, processos, métodos e técnicas**. Godnia, 2006.

NETTO, A. L. et al. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocossystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The role of Morphometric subdivision of the terrain. **Geomorphology (Amsterdam)**, v. 87, p. 120-131, 2007.

NEVES, C. R.; RODRIGUEZ, D. D.; PINHEIRO, M. N. As causas e consequências do impacto socioambiental no rio Cauamé – Praia da Ponte, Curupira, Polar e Caçari. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, p. 1-12, Costa Rica, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 388 p.

\_\_\_\_\_. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

NUNES, E.J. et al. Geotecnologias no diagnóstico de conflitos de uso do solo de uma microbacia do município de Alta floresta – MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 689-697, jul.-set, 2015.

OLIVEIRA, J. S.; DE CARVALHO, T. M. Vulnerabilidade aos impactos ambientais da bacia hidrográfica do Rio Cauamé em decorrência da expansão urbana e uso para lazer em suas praias. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v.8, n.1, p. 61-80, jul. 2014.

PINHEIRO, M. N. M.; ALVES, R. A.; OLIVEIRA, S. K. Impactos ambientais por ocupação irregular no canal de drenagem Santa Teresa em Boa Vista-RR. In: Giovanni Seabra e Ivo Mendonça. (org.). 24ed. João pessoa: editora universitária da UFPB, 2011, v. 03, p. 928-935.

PINHEIRO, M. N. M et al. Processos de Urbanização e Mudanças na Paisagem da cidade de Boa Vista-RR. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, S. O (Org.). **Roraima 20 Anos: As geografias de um novo estado**. Boa Vista: UFRR, 2008. p.195-223.



REIS, N. J. et al. **Geologia do Estado de Roraima, Brasil**. Géologie de La France, n. 2-3-4, 2003. P. 121-134.

REIS NETO. R. A. **Geomorfologia e Neotectônica da Bacia do Rio Cauamé.Boa Vista-RR**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2007.

RIBEIRO, A. C. **Uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista - RR**. 2016. 138 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016.

RICHARDS, A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin, SpringerVerlag, 1986

RODRIGUES, et al. Heterogeneidade florística das Matas Ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (eds.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**, São Paulo, 2.ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p.45-71, 2004.

RODRIGUES. J. **Risco tecnológico: uma análise no porto de Vila do Conde**. 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

RODRIGUES. A. S. L; MALAFAIA. G.; CASTRO, P. T. A.; Protocolo de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Ambi-água**. Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-145. 2008.

SANDER, C. **Geomorfologia da planície aluvial do alto rio Branco em Roraima: Dinâmica e processos evolutivos**. 230 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, 2015.

SANTOS, A. P. dos **Análise hidrogeomorfológica da dinâmica das bacias dos igarapés Frasco e Auai Grande no perímetro da área consolidada e de expansão urbana no Município de Boa Vista-RR, a partir do uso de Geotecnologias**. 2014. 89p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

SANTOS, C.; FREIRE A. C. Análise da expansão urbana de Uberlândia-MG, usando ferramentas de geoprocessamento. 2014. **Cartografia e Sistema de Informação Geográfica**. p 15. Universidade Federal de Uberlândia, Mato Grosso, 2014.

SELLES, I. M. **Revitalização de Rios – Orientação Técnica**. Rio de Janeiro: SEMADS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 78p, 2001.

SILVA, D et al. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista - RR nos anos de 1910 a 2014. 2015. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 34-49, 2015.

SILVA, J. L.; DINIZ, T. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do Município de Uberlândia – MG, utilizando imagens ETM\*/LANDSAT7. 2005. **Sociedade e Natureza**, Mato Grosso, v. 17, n. 32, p. 37-46, jun. 2005.

SILVA, C. **Monitoramento da Expansão Urbana no Município de Ribeirão das Neves – MG, utilizando o Processamento Digital de Imagens**. 2006. 51p. Monografia (Pós-Graduação em Geoprocessamento) - Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Horizonte, 2006.

SILVA, J. da **Vulnerabilidades aos impactos ambientais da bacia hidrográfica do rio Cauamé em decorrência da expansão urbana e uso para lazer em suas praias**. 2014. 66p. Monografia (Curso de Bacharel em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2014.

SILVA V. **Mudança na paisagem de lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista - RR**. 2015. 155 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós – Graduação em Geografia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2015.

SILVA, A. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 236 p., (Coleção Livro-Texto), 1999.

SILVA, P. R. de F. **Dinâmica Territorial Urbana em Roraima – Brasil**. 2007. 329p. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, P. R. de F. Boa Vista: Gênese espontânea e gênese induzida. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, RR, Ano III, n 5, p.63-71, Jan./Jun. 2009

SILVA JÚNIOR, O. M. da **Análise de risco a inundação na cidade de Alenquer – Estado do Pará**. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SPIRONELLO, R. L. **Adequabilidade de uso da terra no município de Iporã do Oeste – SC: Uma análise geossistêmica da microbacia do Arroio Taquarussu**. FFLCH/USP, São Paulo, 2002.

SPÓSITO, M.E.B. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, A.F.A.; LEMOS, A.I.G. (Orgs). **Dilemas urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto. p. 295-298, 2003

STAEVIE, P. M. **Expansão urbana e exclusão social em Boa Vista – Roraima**. OCULUM ENSAIOS, Campinas, [S. v.], n. 13, p. 68-87, 2011.

TAVARES JÚNIOR, S. S. **Utilização de imagens de Sensoriamento Remoto, dados aerogeofísicos e de técnicas de integração digital para o estudo geológico do Norte do Estado de Roraima – Brasil**. 2004. 226f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 2004.

TAVARES JÚNIOR et al. **Compartimentação geomorfológica de Roraima por meio de análise de morfoestruturas. Estudo de caso: Serra do Tepequém e o Graben do Tacutu.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoramento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

VALE, A. L. F. **Migração e territorialização: as dimensões territoriais dos nordestinos em Boa Vista/RR.** 2007. 268p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós – Graduação em geografia da faculdade de ciência e tecnologia, Universidade Estadual Paulista do campus de presidente prudente, Presidente Prudente, 2007.

VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, G.R.C.E. **Solos sob Savanas de Roraima: gênese, classificação e relações ambientais.** 1 ed. Gráfica Ioris, 2010. 219 p.

VERAS, A. T. R. Produção do Espaço e Uso do Solo Urbano em Boa Vista-Roraima. In: Silva, P. R. F.; Oliveira, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: As novas geografias de um novo estado.** Boa Vista – RR: UFRR, 2008. p.118-141.

VIEIRA X.; SOUZA V.; LOPES A. L. Análise temporal da mancha urbana da região de Lagoa Santa/MG a partir das suas características físicas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 34-90, 2015.

ZHANG, Y. Problems in the fusion of commercial high-resolution satellite, Landsat 7 images, and initial solutions. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 34, Part 4, Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, 2002.

## APÊNDICE

APENDICE A – Procedimento estatístico para adquirir o OIF das bandas espectrais da imagem Landsat 5 sensor TM de 1996.

Matriz de correlação da covariância

CO	B1	B2	B3	B4	B5	B7
B1	1	0,951924	0,902288	0,604269	0,672643	0,69145
B2	0,951924	1	0,958552	0,647864	0,740827	0,755759
B3	0,902288	0,958552	1	0,599843	0,832828	0,851709
B4	0,604269	0,647864	0,599843	1	0,526686	0,496672
B5	0,672643	0,740827	0,832828	0,526686	1	0,969346
B7	0,69145	0,755759	0,851709	0,496672	0,969346	1

DESVIO PADRÃO	
B1	29,41268
B2	17,852857
B3	24,389606
B4	24,019766
B5	39,85675
B7	26,487619

CORRELAÇÃO	CC	TRIPLETE	CC	CC	CC	SOMA CC	DES. PADRÃO	DES. PADRÃO	DES. PADRÃO	SOMA DES. PADRÃO	OIF
1.2	0,951924	1.2.3	0,951924	0,902288	0,958552	2,812764	29,41268	17,852857	24,389606	71,655143	25,474993
1.3	0,902288	1.2.4	0,951924	0,604269	0,647864	2,204057	29,41268	17,852857	24,019766	71,285303	32,342767
1.4	0,604269	1.2.5	0,951924	0,672643	0,740827	2,365394	29,41268	17,852857	39,85675	87,122287	36,83204
1.5	0,672643	1.2.7	0,951924	0,69145	0,755759	2,399133	29,41268	17,852857	26,487619	73,753156	30,741587
1.7	0,69145	1.3.4	0,902288	0,604269	0,599843	2,1064	29,41268	24,389606	24,019766	77,822052	36,945524
2.3	0,958552	1.3.5	0,902288	0,672643	0,832828	2,407759	29,41268	24,389606	39,85675	93,659036	38,898842
2.4	0,647864	1.3.7	0,902288	0,69145	0,851709	2,445447	29,41268	24,389606	26,487619	80,289905	32,832404
2.5	0,740827	1.4.5	0,604269	0,672643	0,526686	1,803598	29,41268	24,019766	39,85675	93,289196	51,723941
2.7	0,755759	1.4.7	0,604269	0,69145	0,496672	1,792391	29,41268	24,019766	26,487619	79,320065	44,588522
3.4	0,599843	1.5.7	0,672643	0,69145	0,969346	2,333439	29,41268	39,85675	26,487619	95,757049	41,036877
3.5	0,832828	2.3.4	0,958552	0,647864	0,599843	2,206259	17,852857	24,389606	24,019766	66,262229	30,033749
3.7	0,851709	2.3.5	0,958552	0,740827	0,832828	2,532207	17,852857	24,389606	39,85675	82,099213	32,421999
4.5	0,526686	2.3.7	0,958552	0,755759	0,851709	2,56602	17,852857	24,389606	26,487619	68,730082	26,764702
4.7	0,496672	2.4.5	0,647864	0,740827	0,526686	1,915377	17,852857	24,019766	39,85675	81,729373	42,670123
5.7	0,969346	2.4.7	0,647864	0,755759	0,496672	1,900295	17,852857	24,019766	26,487619	68,360242	35,973489
		2.5.7	0,740827	0,755759	0,969346	2,465932	17,852857	39,85675	26,487619	84,197226	34,14418
		3.4.5	0,969346	0,832828	0,526686	2,32886	24,389606	24,019766	39,85675	88,266122	37,901
		3.4.7	0,969346	0,851709	0,496672	2,317727	24,389606	24,019766	26,487619	74,896991	32,314846
		3.5.7	0,832828	0,851709	0,969346	2,653883	24,389606	39,85675	26,487619	90,733975	34,189139
		4.5.7	0,526686	0,496672	0,969346	1,992704	24,019766	39,85675	26,487619	90,364135	45,347495

APENDICE B – Procedimento estatístico para adquirir o OIF das bandas espectrais da imagem Landsat 8 sensor OLI de 2016.

Matriz de correlação da covariância

CO	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	1	0,995176	0,97253	0,93836	0,53613	0,895071	0,921408
B2	0,99518	1	0,98615	0,96447	0,51016	0,907012	0,941839
B3	0,97253	0,986147	1	0,98563	0,5601	0,932206	0,959333
B4	0,93836	0,964468	0,98563	1	0,46164	0,925814	0,969047
B5	0,53613	0,510156	0,5601	0,46164	1	0,645303	0,506428
B6	0,89507	0,907012	0,93221	0,92581	0,6453	1	0,971637
B7	0,92141	0,941839	0,95933	0,96905	0,50643	0,971637	1

CORRELAÇÃO	CC	TRIPLETE	CC	CC	SOMA CC	DES. PADRÃO	DES. PADRÃO	DES. PADRÃO	SOMA DES. PADRÃO	OIF
1,2	0,99518	1,2,3	0,99518	0,97253	2,953853	944,824877	1119,357404	1474,086741	3538,269022	1197,8
1,3	0,97253	1,2,4	0,99518	0,93836	2,897999	944,824877	1119,357404	2250,9768110	4315,159092	1489,0
1,4	0,93836	1,2,5	0,99518	0,53613	2,041465	944,824877	1119,357404	3166,4556960	5230,637977	2562,2
1,5	0,53613	1,2,6	0,99518	0,89507	2,797259	944,824877	1119,357404	5674,1406710	7738,322952	2766,4
1,6	0,89507	1,2,7	0,99518	0,92141	2,858423	944,824877	1119,357404	4127,735739	6191,91802	2166,2
1,7	0,92141	1,3,4	0,97253	0,93836	2,896514	944,824877	1474,086741	2250,9768110	4669,888429	1612,2
2,3	0,86615	1,3,5	0,97253	0,53613	2,06876	944,824877	1474,086741	3166,4556960	5585,367314	2699,9
2,4	0,96447	1,3,6	0,97253	0,89507	2,799807	944,824877	1474,086741	5674,1406710	8093,052289	2890,6
2,5	0,51016	1,3,7	0,97253	0,92141	2,853271	944,824877	1474,086741	4127,735739	6546,647357	2294,4
2,6	0,90701	1,4,5	0,93836	0,53613	1,936132	944,824877	2250,9768110	3166,4556960	6362,257384	3286,1
2,7	0,94184	1,4,6	0,93836	0,89507	2,75924	944,824877	2250,9768110	5674,1406710	8869,942359	3214,6
3,4	0,98563	1,4,7	0,93836	0,92141	2,82881	944,824877	2250,9768110	4127,735739	7323,537427	2588,9
3,5	0,5601	1,5,6	0,53613	0,89507	2,076507	944,824877	3166,4556960	5674,1406710	9785,421244	4712,4
3,6	0,93221	1,5,7	0,53613	0,92141	1,963963	944,824877	3166,4556960	4127,735739	8239,016312	4195,1
3,7	0,95933	1,6,7	0,89507	0,92141	2,788116	944,824877	5674,1406710	4127,735739	10746,70129	3854,5
4,5	0,46164	2,3,4	0,98615	0,96447	2,936244	1119,357404	1474,086741	2250,9768110	4844,420956	1649,9
4,6	0,92581	2,3,5	0,98615	0,51016	2,0564	1119,357404	1474,086741	3166,4556960	5759,839841	2801,0
4,7	0,96905	2,3,6	0,98615	0,90701	2,825365	1119,357404	1474,086741	5674,1406710	8267,584816	2926,2
5,6	0,6453	2,3,7	0,96447	0,94184	2,887319	1119,357404	1474,086741	4127,735739	6721,179884	2327,8
5,7	0,50643	2,4,5	0,96447	0,51016	1,936268	1119,357404	2250,9768110	3166,4556960	6536,789911	3376,0
6,7	0,97164	2,4,6	0,96447	0,90701	2,797294	1119,357404	2250,9768110	5674,1406710	9044,474886	3233,3
		2,4,7	0,96447	0,94184	2,875354	1119,357404	2250,9768110	4127,735739	7498,069954	2607,7
		2,5,6	0,51016	0,90701	2,062471	1119,357404	3166,4556960	5674,1406710	9959,953771	4829,1
		2,5,7	0,51016	0,94184	1,958423	1119,357404	3166,4556960	4127,735739	8413,548839	4296,1
		2,6,7	0,90701	0,94184	2,820488	1119,357404	5674,1406710	4127,735739	10921,23381	3872,1
		3,4,5	0,98563	0,5601	2,00737	1474,086741	2250,9768110	3166,4556960	6891,519248	3433,1
		3,4,6	0,98563	0,93221	2,843649	1474,086741	2250,9768110	5674,1406710	9399,204223	3305,3
		3,4,7	0,98563	0,95933	2,914009	1474,086741	2250,9768110	4127,735739	7852,799291	2694,8
		3,5,6	0,5601	0,93221	2,137606	1474,086741	3166,4556960	5674,1406710	10314,88311	4825,3
		3,5,7	0,5601	0,95933	2,025858	1474,086741	3166,4556960	4127,735739	8768,278176	4328,2
		3,6,7	0,93221	0,95933	2,863176	1474,086741	5674,1406710	4127,735739	11275,96315	3938,3
		4,5,6	0,46164	0,92581	2,032761	2250,9768110	3166,4556960	5674,1406710	11091,57318	5456,4
		4,5,7	0,46164	0,96905	1,937119	2250,9768110	3166,4556960	4127,735739	9545,168246	4927,5
		4,6,7	0,92581	0,96905	2,866498	2250,9768110	5674,1406710	4127,735739	12052,85322	4204,7
		5,6,7	0,6453	0,50643	2,123368	3166,4556960	5674,1406710	4127,735739	12966,33211	6107,4

APENDICE C – Resultados estatísticos do processo de classificação e uso do solo da zona norte da cidade de Boa Vista/RR, através de imagem Landsat 5 TM 1996.

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Vegetação	1	13658	11,83	3	2,5
Savana	2	53694	46,4	3	1,5
Corpo hidrico	3	7598	6,62	3	2
Exposto	4	16597	14,55	3	2,5
Urbano	5	9685	8,22	3	2,5
NULL	0	16236	12,39		
	Total	117468	100		

#### CONFUSION MATRIX

Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Vegetação	1	1169	5,6	96,32	0	0	0	0
Savana	2	4623	5,23	0,68	92,3	0	0,85	3,58
Corpo hidrico	3	1560	4,36	1,36	1,05	93,65	0	1,23
Exposto	4	856	0,59	0,13	0,69	0	86,3	9,54
Urbano	5	635	22,69	0,57	0,59	0	31,3	56,39

Average accuracy= 82,26%

Overall accuracy=86,1%

KAPPA COEFICIENT=0,75

Standard Deviation=0,00378

APENDICE D – Resultados estatísticos do processo de classificação e uso do solo da zona norte da cidade de Boa Vista/RR, através de imagem CBERS- 2 CCD 2005.

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Vegetação	1	35698	13,61	3	2,5
Savana	2	86326	32,91	3	2
Corpo hidrico	3	15695	5,98	3	3
Exposto	4	9657	3,68	3	2
Urbano	5	79856	30,45	3	3
NULL	0	35056	13,37		
	Total	262288	100		

#### CONFUSION MATRIX

Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Vegetação	1	2269	6,25	93,56	0	0	0	0
Savana	2	3159	2,36	0,26	95,6	0,69	0	2,69
Corpo hidrico	3	968	7,36	0	1,32	90,48	0	0
Exposto	4	843	2,48	0	0	0	90,34	7,84
Urbano	5	2678	4,69	0,03	4,37	0	11,87	75,34

Average accuracy= 79,36%

Overall accuracy=81,41%

KAPPA COEFICIENT=0,77

Standard Deviation=0,0045

APENDICE E – Resultados estatísticos do processo de classificação e uso do solo da zona norte da cidade de Boa Vista/RR, através de imagem Landsat 8 OLI 2016.

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Vegetação	1	67965	14,61	3	2,5
Savana	2	135698	29,16	3	2,5
Corpo hidrico	3	25364	5,45	3	3
Exposto	4	12478	2,68	3	1
Urbano	5	178542	38,37	3	3
NULL	0	45236	9,72	3	0
	Total	465283	100,00		

#### CONFUSION MATRIX

Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Vegetação	1	6425	6,35	91,98	0,06	0	0	0,07
Savana	2	8563	4,27	0	84,63	0,48	0,03	6,58
Corpo hidrico	3	1875	3,26	0	0,48	94,26	0	3,45
Exposto	4	578	6,89	0	0,89	0	87,6	9,35
Urbano	5	3879	4,15	0	9,06	1,47	18,6	64,25

Average accuracy= 85,46%

Overall accuracy=86,13%

KAPPA COEFICIENT=0,81

Standard Deviation=0,00289