



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NAZARENO AGUSTÍN ESCOBAR

**ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO URBANO EM
ROLÂNDIA, ARAPONGAS E APUCARANA (PR)
UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO**

Londrina
2013

NAZARENO AGUSTÍN ESCOBAR

**ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO URBANO EM
ROLÂNDIA, ARAPONGAS E APUCARANA (PR)
UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto

Londrina
2013

NAZARENO AGUSTÍN ESCOBAR

**ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO URBANO EM
ROLÂNDIA, ARAPONGAS E APUCARANA (PR)
UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Geografia
da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Rigoberto Lazaro Prieto Cainzos
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. M^a. Nathalia Prado Rosolem
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 11 de Dezembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por criar o mundo e tudo que nele existe.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto pela paciência, pela humildade e por saber ser sério e louco nas horas corretas.

Aos meus pais, especialmente a minha mãe pelos constantes puxões de orelha ao longo da minha vida, sem você não seria nada. Te amo.

Aos meus irmãos (amigos), em especial ao Emanuel por ser como um segundo pai para mim.

À todos os meus parceiros de faculdade, em especial ao Demark, Denilson e Lincon por estarem sempre presentes nos momentos da zueira.

Gostaria de agradecer aos funcionários do departamento de Geociências, em especial a Edna e Regina por sempre andarem com um sorriso exuberante no rosto.

Às zeladoras do departamento de Geociências por manterem tudo limpo e prepararem um café delicioso.

À todos os meus animais de estimação, que não os citarei em detalhes por serem muitos.

Agradeço também a todos os professores do departamento de Geociências que se comprometem a trabalhar com respeito e honra, cumprindo seus deveres como formadores de cidadãos críticos e não apenas meros reprodutores de textos.

Sem me prolongar, deixo aqui um pedido de desculpas à todos que não citei, porém que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho. Obrigado.

“Do SENHOR é a terra e a sua plenitude, o mundo e aqueles que nele habitam.”

Salmos 24:1

ESCOBAR, Nazareno Agustín. **Análise da tendência de crescimento urbano em Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) utilizando geoprocessamento.** 2013. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

O presente trabalho discorre sobre a dinâmica urbana de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR), cidades estas que apresentam crescimento urbano ativo e constante. Destaca-se o crescimento urbano significativo de tais cidades relacionado principalmente a especialização industrial e por servirem de entrepostos aos grandes centros. Buscou-se neste, analisar a evolução temporal das áreas urbanas dos municípios em questão de 1975 a 2011 pautado da utilização de técnicas de geoprocessamento e ferramentas SIG. Estas por sua vez apresentam-se como ferramentas de precisão na obtenção de resultados em fenômenos urbanos. Como principal objetivo deste estudo buscou-se, a partir da análise multitemporal, apresentar o possível comportamento das áreas urbanas para os anos 2015, 2020, 2025 e 2030 baseado na análise de variância para obtermos dados da tendência de crescimento urbano. Destaca-se nos resultados obtidos que as três cidades apresentam crescimento significativo, Rolândia apresenta crescimento estável desde o ano de 1975 não havendo grandes picos de crescimento. Maior destaque se dá a cidade de Araçongas que, segundo a análise, em 2025 passará a apresentar maior área urbana em relação a Apucarana, uma vez que Araçongas vem apresentando maiores índices de crescimento urbano, aumento populacional, produção industrial e maior integração com os demais centros urbanos.

Palavras-chave: Crescimento urbano. Multitemporal. Áreas urbanas. Geoprocessamento. SIG.

ESCOBAR, Nazareno Agustín. **Urban growth tendency analysis of Rolândia, Araçongas and Apucarana cities using geoprocessing**. 2013. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

This study discusses about the urban dynamics of Rolândia, Araçongas and Apucarana (PR), cities that are in active and constant urban growth. Such significant growth is especially associated to industrial specialization and the service as warehouses to large urban centers. This study aimed to analyze the urban areas temporal evolution of these cities from 1975 to 2011 using geoprocessing techniques and GIS tools. They are suitable as precision tools in achieving results in urban phenomena. The main point of this study was to present, through multitemporal analysis a possible course of these cities urban areas in 2015, 2020, 2025 and 2030, seeking to obtain results of the urban growth based on the variance analysis. It was evident in the results that both 3 cities present significant growth. Rolândia city presents stable growth since 1975, with no large peaks. According to the analysis, Araçongas city is going to be the highlight, with bigger urban area than Apucarana city in 2025, since it has shown higher rates of urban growth and population, industrial production and greater integration with other urban centers.

Key words: Urban growth. Multitemporal. Urban areas. Geoprocessing. GIS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem de satélite para mostrar diferentes tons de cinza em diferentes materiais superficiais.....	20
Figura 2 – Diferentes colorações associadas a diferentes tipos de uso e ocupação do solo.....	23
Figura 3 – Localização dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR)	26
Figura 4 – Metrópole Linear Norte do Paraná - METRONOR	28
Figura 5 – Confusão na classificação em áreas urbanas	31
Figura 6 – Reconhecimento de padrões em áreas urbanas com o auxílio do Google Earth.....	32
Figura 7 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) - 1975 e 1980.....	34
Figura 8 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) - 1985 e 1990.....	35
Figura 9 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) - 1995 e 2000.....	36
Figura 10 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) - 2005 e 2011	37
Figura 11 – Evolução da mancha urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR), de 1975 a 2011	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curvas de refletância obtidas para diferentes tipos de alvos contidos dentro de um ângulo de visada do sensor	21
Gráfico 2 – Crescimento demográfico dos municípios de Apucarana, Araçongas e Rolândia (PR) no período de 1970 a 2010	29
Gráfico 3 – Análise de variância da mancha urbana de Rolândia (PR) – 1975 a 2025	42
Gráfico 4 – Análise de variância da mancha urbana de Araçongas (PR) – 1975 a 2025	43
Gráfico 5 – Análise de variância da mancha urbana de Apucarana (PR) – 1975 a 2025	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais aplicações das bandas dos satélites LANDSAT 5 e 7	22
Quadro 2 – Lista de imagens selecionadas para análise multitemporal	30
Quadro 3 – Evolução das manchas urbanas em km ² dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) – 1975 a 2011.....	40
Quadro 4 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km ² do município de Rolândia (PR) – 1975 a 2011	45
Quadro 5 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km ² do município de Arapongas (PR) – 1975 a 2011.....	46
Quadro 6 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km ² do município de Apucarana (PR) – 1975 a 2011.....	46
Quadro 7 – Tendência de crescimento das manchas urbanas em km ² dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) – 2015 a 2030	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTNP	Companhia de Terras do Norte do Paraná
DGI	Divisão de Geração de Imagens
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GIS	Geographic Information System
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MNT	Modelo Numérico de Terreno
MSS	Multispectral Scanner Subsystem
PDI	Processamento Digital de Imagens
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPRING	Sistema de processamento de Informações Georreferenciadas
TM	Thematic Mapper
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	URBANIZAÇÃO E CRESCIMENTO URBANO	13
2.2	CIDADES PEQUENAS E MÉDIAS: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO.	15
2.3	DEFINIÇÕES DE ÁREAS URBANAS.....	16
2.4	GEOPROCESSAMENTO: BASES TEÓRICAS.....	16
2.4.1	Processamento Digital de Imagens.....	18
2.4.2	A Cor no Processamento Digital de Imagens.....	19
2.4.3	Contraste de Bandas Multiespectrais.....	23
2.4.4	Utilização de Geoprocessamento para Análise da Expansão Urbana	24
2.5	CARCATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4	DISCUSSÕES E RESULTADOS	33
	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

As pequenas e médias cidades brasileiras vêm apresentando crescimento urbano significativo nos últimos anos, fruto da especialização das funções destes espaços principalmente das atividades industriais. Estas cidades passam a ser cada vez mais o local trabalho intelectual, do fortalecimento de atividades econômicas e eixo de integração das metrópoles.

Os estudos de âmbito urbano, em especial os de análise de expansão e crescimento, vêm apresentando um aumento na produção científica nos últimos anos. Ao se tratar do tema 'cidades', ressalta-se a importância que essas possuem por ser o local de moradia de grande parte da população e, por ser nesta, que se dão as relações econômicas e sociais que dinamizam tais espaços.

A região em contexto apresenta dinâmica urbana ativa e em constante crescimento. As cidades de Rolândia, Araçatuba e Apucarana apresentam índices de crescimento significativo e há a tendência de uma integração regional ainda maior para os próximos anos.

O principal objetivo deste trabalho é o de analisar temporalmente o comportamento da mancha urbana dos municípios supracitados nos intervalos de cinco em cinco anos, desde 1975 a 2011, criando polígonos das áreas urbanas com o objetivo de explicitar o aumento da mancha urbana em tal período. A partir de então propõe-se uma análise da tendência de crescimento com o objetivo de estipular o crescimento das áreas urbanas para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030.

Neste trabalho busca-se destacar a importância na utilização de geoprocessamento e uso o de SIG em análise de fenômenos urbanos, uma vez que estes se apresentam como ferramenta de precisão na obtenção de resultados e auxílio na tomada de decisões.

Ressalta-se a importância de estudos de análise de tendência para estipular ou projetar áreas urbanas, uma vez que estes podem auxiliar no planejamento do crescimento urbano da cidade e a todos os agentes do espaço que dela dependem. Destaca-se ainda, que há uma baixa produção científica relacionada à tendência de crescimento de áreas urbanas, em especial nas cidades de Rolândia, Araçatuba e Apucarana, desta maneira este estudo se apresenta como um tema relativamente novo e de grande importância geográfica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 URBANIZAÇÃO E CRESCIMENTO URBANO

A humanidade, ao longo de sua história, vem conhecendo variados percursos e organizações de seu espaço geográfico. As cidades modernas vêm apresentando crescimento acima de suas capacidades não ofertando a manutenção da qualidade de vida propícia a todos que dela dependem. No entanto para que haja uma compreensão da dinâmica urbana das cidades, tanto a nível nacional quanto regional, faz-se necessário analisar conceitos e temas referentes à gênese, e estruturação destas cidades.

Relaciona-se a origem das cidades principalmente ao contexto econômico, político e os agentes sociais urbanos. Dessa maneira há vários tipos de cidades, as cidades antigas que têm a sua gênese a partir de missões religiosas, cidades mais recentes, que possuem suas origens atreladas a entrepostos comerciais e, por fim, núcleos urbanos mais atuais com suas gêneses influenciadas por indústrias ou empresas de mineração (CORRÊA, 2003, p. 134).

Como um dos propulsores, ou principal impulsor ao crescimento urbano, tem-se o fator industrialização. Pierre George (1983, p.25) afirma que o principal motor do desenvolvimento urbano no século XIX foi a industrialização e que o desenvolvimento das indústrias desencadeou um enorme movimento geográfico de matérias-primas, de produtos semimanufaturados, de produtos fabricados que, por sua vez, demandam novos sistemas de transporte, de infraestrutura e outros.

A revolução industrial, por ter inaugurado uma economia de âmbito global dirigida por seus realizadores, estende-se pelo mundo todo, sendo bem raros os conjuntos urbanos ou cidades que não sofreram seus efeitos (GEORGE 1983, p.27).

Sposito (2004, p.43) coloca a industrialização como sendo um processo mais amplo, que marca a chamada Idade Contemporânea, e que se caracteriza pelo predomínio da atividade industrial sobre as outras atividades econômicas:

Dado o caráter urbano da produção industrial (produção essa totalmente diferenciada das atividades produtivas que se desenvolvem de forma

extensiva no campo, como a agricultura e a pecuária) as cidades se tornaram sua base territorial, já que nelas se concentram capital e força de trabalho (SPOSITO, 2004. p.43).

Santos (2008, p.19-21) destaca que durante séculos o Brasil como um todo era um país “essencialmente agrícola” a partir do século XVIII é que a urbanização se desenvolve e a cidade torna-se a residência mais importante dos antigos moradores do campo, e que estes só retornam ao campo em momentos de colheita da produção agrícola.

Bordo (2005) acrescenta que a transição de um Brasil agrário para um país urbano foi consequência principalmente do processo de industrialização, que ganhou impulso na década de 1930, onde o processo de industrialização passa a substituir o processo de importação de produtos.

Em muitas partes do mundo, em especial os países que estavam entrando no processo de industrialização, a população urbana passa a crescer mais que a população rural, dessa maneira, caracterizando o estágio de urbanização que se relaciona ao aumento da população urbana em relação a população total do país (BORDO, 2005).

Fica exposto que esse processo de urbanização gerou o crescimento urbano de diversas cidades no Brasil, e que esse processo acarretou à gênese e ao crescimento de muitas cidades pequenas e médias.

Santos (2008, p.136) ressalta que, em um período mais recente, há o aumento no número de cidades locais, centros regionais e as metrópoles regionais, e estas tendem a apresentar crescimento relativamente maior do que as próprias metrópoles do sudeste. Dessa maneira, vale ressaltar:

As cidades intermediárias apresentam, assim, dimensões bem maiores. Essas cidades médias são, crescentemente, *locus* do trabalho intelectual, o lugar onde se obtêm informações necessárias à atividade econômica. Serão, por conseguinte, cidades que reclamam cada vez mais trabalho qualificado, enquanto as maiores cidades, as metrópoles, por sua própria composição orgânica do capital e por sua própria composição orgânica do espaço, poderão continuar a acolher populações pobres e despreparadas (SANTOS, 2008, p.136).

No Brasil é expressiva a quantidade de cidades médias, as quais passaram a abrigar em seus territórios maior quantidades de ofertas, tais como ciência, tecnologia e informação. No entanto, essas cidades vêm revelando novas dinâmicas territoriais em virtude da atração de indústrias e de imigrantes, da

expansão das atividades comerciais e da oferta de melhores serviços (SIMAS; LUDKA; FRAGA, 2011, p.328).

Os pequenos centros urbanos possuem características que diferem entre si, pois estes são portadores de conteúdos diferentes que em certos casos geram relações hierárquicas entre eles. Cidades com atividades comerciais e equipamentos de serviços públicos e privados um pouco mais variados têm sua funcionalidade como polos regionais (ENDLICH, 2006, p.52).

2.2 CIDADES PEQUENAS E MÉDIAS: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao se discutir pequenas e médias cidades têm-se um pensamento bastante comum de remeter a dimensão da cidade apenas a quantidade de população residente em tal espaço urbano, ou apenas quantidade de espaço ocupado. Desta forma, ao se contextualizar tais cidades, há a necessidade de esclarecer alguns aspectos que as definem com tais tipologias.

Corrêa (2007) propõe que a cidade média deve ser contextualizada geograficamente. Dessa forma afirma que é necessário que não se considere isoladamente cada um dos três pontos (tamanho demográfico, funções urbanas e organização do espaço intra-urbano), mas uma combinação destes três elementos.

Para Fresca (2001, p.28) é necessário que se entenda o contexto sócio-econômico de “sua inserção como eixo norteador de sua caracterização como forma de evitar equívocos e igualar cidades – com populações similares – que em essência são distintas”. Desta maneira:

[...] Uma cidade média em uma região pobre, como o Nordeste brasileiro, tenderá a não apresentar comércio e serviços tão diversificados e sofisticados quanto uma cidade de mesmo porte em uma região mais próspera, com uma presença bem mais expressiva de estratos de renda médios, como o interior de São Paulo ou o Sul do país, por exemplo (SOUZA, 2003, p.30-31).

Simas, Ludka e Fraga (2011, p.334) propõem uma nova tipologia ao se abordar a escala para municípios brasileiros, em especial as médias e pequenas. Na tipologia para cidades médias destaca-se que estas não são polos, mas possuem sua representatividade favorecida por alguma grande indústria, possuem relativa proximidade de centros extratores de riquezas naturais e produção agrícola, por fazer parte da região metropolitana ou mesmo algum equipamento público de

lazer e logístico. Já as pequenas cidades demandam políticas públicas a fim de evitar a diminuição da população, e que se aplicam regras de interdependências entre cidades menores, para que possam manter alguns centros especializados de serviços e fornecimento de produtos de menores procura no mercado.

2.3 DEFINIÇÕES DE ÁREAS URBANAS

Aborda-se o tema de definição de áreas urbanas justamente para contextualização do tema em relação à definição destas áreas por meio de uso de geoprocessamento para dessa maneira, os critérios de definição de áreas urbanas, que seguem nos itens subsequentes, não se mantenham apenas nos critérios técnicos.

O IBGE (2013a) traz alguns parâmetros para definições de áreas homogêneas, desta maneira define-se:

- Área Urbana: Área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal.
- Área Rural: Área de um município externa ao perímetro urbano.
- Área Urbana Isolada: Área definida per lei municipal e separada da sede municipal ou distrital por área rural ou por outro limite legal (IBGE, 2013a).

A definição das áreas de uma cidade, de maneira abrangente, divide-se em zona urbana, área cujo se encontram as vias, equipamentos urbanos e toda a infraestrutura do município e - zona de expansão urbana, espaço que compreende aquela parcela urbana agregada ao município, ou seja, áreas contínuas ou não a área urbana que podem tornar se áreas urbanas concretas com a implantação de novos loteamentos e equipamentos urbanos (DEMARQUI, 2006). Já a zona rural abrange a porção restante do município que não compreende as áreas características antes citadas, e também é o local onde estão inseridas as propriedades rurais.

2.4 GEOPROCESSAMENTO: BASES TEÓRICAS

O geoprocessamento pode ser entendido como sendo a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou

fenômenos quando eles são observados por um sistema sensor (MOREIRA, 2003, p.250).

Câmara (1998, p.6) associa o objetivo do geoprocessamento como fornecedor de ferramentas computacionais para que diferentes analistas avaliem e determinem as evoluções espacial e temporal de determinado fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos.

Associado ao geoprocessamento, uma ferramenta muito utilizada são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Em uma abordagem generalizada, um SIG consiste de um conjunto de “ferramentas” especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes (CÂMARA, 1998, p.1).

Todo e qualquer sistema de informação geográfica apresenta duas características principais:

- Permite inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico de Terreno).
- Oferece mecanismos para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados (MOREIRA, 2003, p.252).

Dessa maneira cabe ressaltar a diferença entre os conceitos de geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica para que estes não sejam confundidos.

O geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG (Sistema de Informação Geográfica) ou GIS (Geographic Information System) processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

As técnicas de geoprocessamento e SIG necessitam, em um primeiro momento de aquisição, captura e manipulação de imagens e dados. Assim, para a aquisição de imagens de satélites utilizam-se as técnicas de sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências

aplicadas e se refere “à obtenção de imagens à distância ou a poucos metros da superfície terrestre ou mesmo de amostras em laboratório para estudos específicos, sobre a superfície terrestre” (STEFFEN, 2005).

Dessa maneira, o sensoriamento remoto refere-se à captação de imagens de satélites, e as técnicas de geoprocessamento e SIG referem-se à capacidade de análise e manipulação destas. Nos tópicos seguintes discute-se a obtenção de dados através do sensoriamento remoto e geração de imagens que são disponibilizados através dos satélites LANDSAT.

2.4.1 Processamento Digital de Imagens

A utilização de satélites com o objetivo da caracterização e exploração dos recursos da terra teve início na década de 1970, quando se colocou em órbita o primeiro engenho capaz de registrar informações sobre a superfície terrestre. Até essa época, estes eram feitos através de técnicas de aerofotogrametria para fins específicos, ou de equipamentos sensores levados a bordo de satélites tripulados (MOREIRA, 2003, p.157).

Nesse novo tempo de coleta de dados sobre a superfície terrestre, Moreira (2003, p.157) acrescenta que após o primeiro satélite lançado, na época denominado *Earth 1*, vários outros foram desenvolvidos e colocados na órbita terrestre, com sistemas sensores cada vez mais aprimorados. Do mesmo modo e com a mesma concepção do *Earth 1*, colocaram-se em órbita mais seis satélites, que posteriormente denominou-se LANDSAT.

A série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) foi iniciada em 1972 com o lançamento do satélite LANDSAT-1. Na sequência seguiram os satélites LANDSAT 2 e 3 com o sensor MSS (Multispectral Scanner Subsystem) com 4 bandas e 80 metros de resolução, o equivalente a uma área de 6400m² por pixel, e os satélites LANDSAT 4, 5 e 7 com o sensor TM (Thematic Mapper) de 7 bandas e 30 metros de resolução, ou seja, para cada pixel na imagem representa 900m² de área real. (OBT, 2013).

Por sua vez, as imagens orbitais são processadas e manipuladas através do Processamento Digital de Imagens (PDI) que se refere à manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens (UFRGS, 2013).

Para Crósta (1992, p. 17) a principal função do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de “fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contida nas imagens, para posterior interpretação”. No processamento digital de imagens busca-se melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais ao analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação.

Cabe ressaltar que nesse processo a informação de interesse caracteriza-se em funções das propriedades dos objetos e/ou padrões que compõem a imagem.

Crósta (1992, p. 17) destaca que o sistema visual humano possui uma notável capacidade de reconhecer padrões, porém dificilmente o olho humano é capaz de processar o enorme volume de informação presente numa imagem e ainda ressalta que vários tipos de degradações e distorções, inerentes aos processos de aquisição, transmissão e visualização de imagens contribuem para limitar ainda mais essa capacidade do olho humano. Dessa maneira, é válido destacar o principal objetivo do processamento de imagens que é o de “remover essas barreiras, inerentes ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações a partir de imagens” (CRÓSTA, 1992, p. 17).

Contudo, o processamento digital deve ser entendido como um estágio preparatório, embora que, quase sempre obrigatório em atividades de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

2.4.2 A Cor no Processamento Digital de Imagens

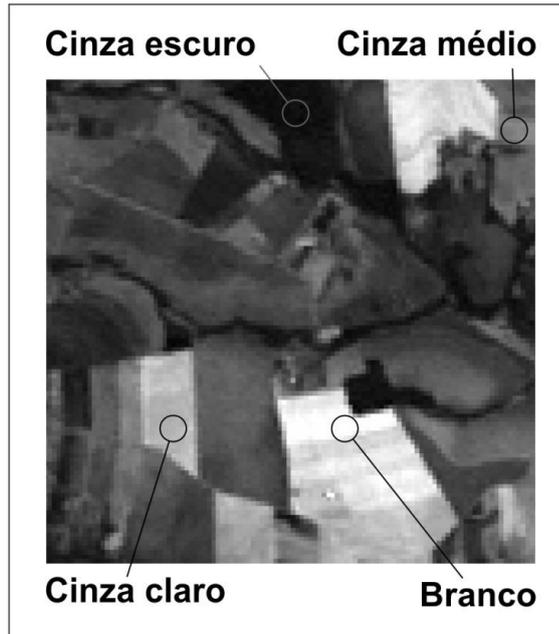
As diferentes áreas ou os diferentes objetos presentes sobre a superfície terrestre absorvem e refletem de maneira distinta a energia solar. Estes por sua vez vão apresentar características distintas quando capturadas por fotografia aérea ou por imagens de satélite.

Numa foto ou imagem de satélite, diferentes quantidades de energia refletida pelos materiais superficiais são associadas a tons de cinza, ou seja, quando o objeto reflete muita energia a quantidade que chega ao sensor é grande. Neste caso, associa-se a esta quantidade de energia a uma tonalidade mais clara. Em contrapartida, se o objeto reflete pouco, a quantidade de energia que chega ao

sensor também é pouca. Dessa maneira o tom de cinza associado ao objeto será mais escuro (MOREIRA, 2003, p. 208).

A figura 1 mostra diferentes variações nos níveis de cinza para diferentes alvos na superfície terrestre.

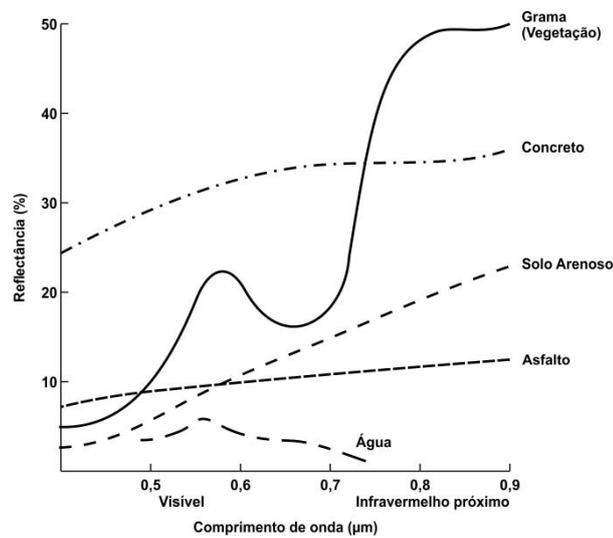
Figura 1 – Imagem de satélite para mostrar diferentes tons de cinza em diferentes materiais superficiais



Fonte: o próprio autor

Crósta (1992, p.57) coloca que geralmente há três propriedades básicas das superfícies representadas nas imagens para interpretá-las. São estas: tonalidade, textura e contexto. Tonalidade remete a cor ou brilho dos objetos que compõem a cena, os tons estão relacionados com as propriedades de refletância dos materiais superficiais (gráfico 1). Já, por textura entende-se uma combinação da magnitude e frequência da variação tonal em uma imagem, sendo produzida pelo efeito conjunto das pequenas feições que compõem uma área em particular na imagem. Já o contexto se refere ao comportamento dos tons, texturas e padrões e como estes estão localizados em relação a atributos conhecidos dos terrenos.

Gráfico 1 – Curvas de refletância obtidas para diferentes tipos de alvos contidos dentro de um ângulo de visada do sensor



Fonte: Adaptado de Moreira (2003).

Em imagens de satélite, fotointerpretação e outras, a cor é utilizada como maneira de diferenciação, caracterização e categorização de áreas, por exemplo, diferenciação de áreas urbanas, pastagem e vegetação. Essa diferenciação se baseia geralmente nos parâmetros de tonalidade, textura e contexto.

Como exemplo prático Araújo, Kux e Florenzano (2007, p. 216) fazem a classificação de áreas no bairro Belvedere em Belo Horizonte (MG), mostrando algumas das características que a superfície apresenta em relação à coloração. Por exemplo, áreas de solo exposto apresentam pouco brilho e possuem maior resposta no intervalo vermelho.

Já Moreira (2003, p. 209) destaca que a vegetação pode apresentar coloração verde-escura e mais escura ainda se a vegetação for mais densa. Destaca-se ainda que áreas de solo exposto ou com pouca vegetação podem apresentar cores avermelhadas ou um verde-avermelhado, em razão da proximidade e/ou exposição do solo.

Cabe ressaltar que as cores dos alvos na imagem vão depender das combinações de bandas e os elementos podem ser representados com cores distintas dependendo do objeto de estudo. O quadro 01 apresenta as principais características das bandas para os satélites LANDSAT onde se destacam, de acordo

com os intervalos bandas, alguns alvos como vegetação, corpos d'água, morfologia do terreno e outros.

Quadro 1 – Principais aplicações das bandas dos satélites LANDSAT 5 e 7

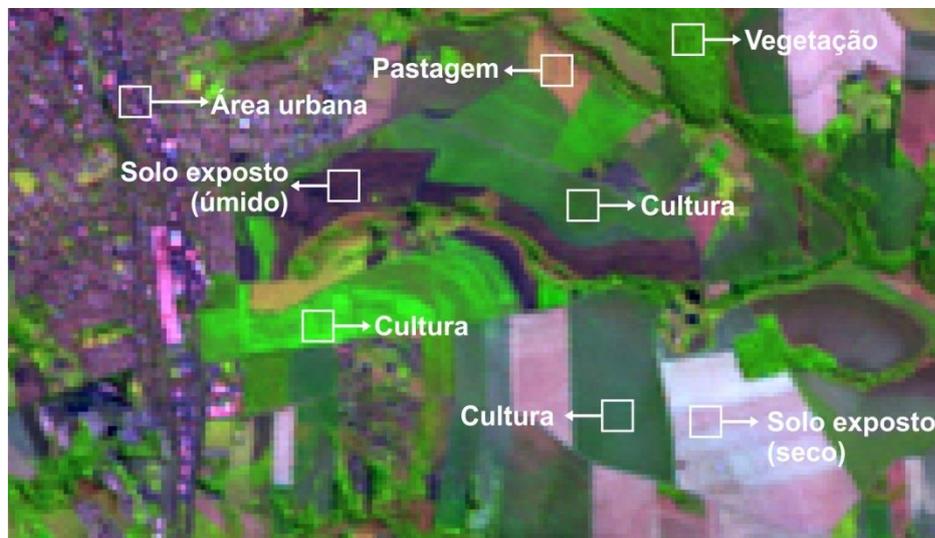
Banda	Intervalo Espectral (µm)	Principais características e aplicações das bandas dos satélites LANDSAT 5 e 7
1	(0,45-0,52) - azul	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos.
2	(0,52-0,60) - verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63-0,69) - vermelho	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas).
4	(0,76-0,90) - infravermelho próximo	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens.
5	(1,55-1,75) - infravermelho médio	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
6	(10,4-12,5) - infravermelho termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08-2,35) - infravermelho distante	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.

Fonte: Divisão de Geração de Imagem (DGI) – INPE (2011)

Dessa maneira, áreas agrícolas, por exemplo, podem variar quanto ao índice de refletância de radiação solar, e assim, apresentar tonalidades diferentes devido a fatores sazonais ou tipos de cultura por exemplo. Já as áreas urbanas podem apresentar características muito semelhantes entre si apresentando coloração roxa, rosa escuro e claro, padrão quadriculado e textura saturada.

A figura 2 apresenta a diferenciação de áreas em uma imagem de satélite baseado em uma análise visual.

Figura 2 – Diferentes colorações associadas a diferentes tipos de uso e ocupação do solo



Fonte: o próprio autor

Contudo, deve-se tomar o cuidado no manuseio e manipulação das imagens, uma vez que, se mal aplicados os efeitos de contraste ou realce das tonalidades, corre-se o risco de haver exageros nas texturas, o que pode confundir o analista na hora da tomada de decisões ou coleta de resultados visuais, acarretando muitas vezes em uma interpretação de dados errônea.

2.4.3 Contraste de Bandas Multiespectrais

Uma vez que o sistema visual humano só consegue discernir cerca de 30 tons de cinza e assim mesmo só quando eles são bastante espalhados entre o preto e o branco, uma imagem de satélite vista da forma como é adquirida pelo sensor apresenta, visualmente falando, um baixo contraste. (CRÓSTA, 1992, p. 39).

Os dados de satélite podem conter um contraste espectral de baixa qualidade visual. O realce ou contraste de imagens digitais consiste num conjunto de procedimentos a fim de melhorar a qualidade visual de uma imagem. Nesse sentido, o tipo de realce mais aplicado é a ampliação do contraste de feições da cena, ou seja, os níveis de cinza mais baixos são direcionados para próximos de zero (mais escuro) e os mais altos para próximo de 255 (mais claro) (MOREIRA, 2003, p.268).

No caso de imagens com composição coloridas o contraste se dá da mesma maneira, porém o contraste é feito nas três bandas (vermelho, verde e azul) com a mesma lógica do contraste em tons de cinza, direcionando os pixels de nível inferior no sentido próximo a zero e os de nível superior direcionando próximo a 255.

O aumento de contraste pode ser aplicado como uma das principais e melhores ferramentas para a extração e/ou obtenção de dados de sensoriamento remoto. Assim o aumento do contraste pode revelar informações antes ‘escondidas’ e que após a aplicação deste, torna-se possível uma visualização de tais dados.

Cabe ressaltar que ao expandir o contraste de determinada imagem, torna-se mais fácil ao analista humano extrair informações, porém as informações contidas nas imagens não sofrem alterações, como revela Crósta (1992, p.39):

[...] “deve-se enfatizar que o aumento de contraste não irá nunca revelar informação nova, que não esteja já contida na imagem original. A função dele é apenas apresentar a mesma informação contida nos dados brutos, porém de uma forma mais claramente visível ao intérprete” (Crósta, 1992, p.39).

Dessa maneira, cabe ressaltar que os exageros na aplicação de contraste e/ou realce de imagens monocromáticas ou imagens de composições coloridas podem causar algumas deformações nas imagens o que pode acarretar numa distorção na obtenção de resultados, descaracterizando assim a função primordial da aplicação de contraste em imagens orbitais, que é justamente a de facilitar ao analista humano a obtenção de informações.

2.4.4 Utilização de Geoprocessamento para Análise da Expansão Urbana

A utilização de dados adquiridos através de sensoriamento remoto com finalidade de se proceder a trabalhos de análise multitemporal vem sendo utilizados em grande escala nos últimos anos. Esses mais variados estudos, nas diversas áreas do conhecimento científico, servem como base para a realização

pesquisas e novos estudos, assim desenvolvendo um avanço do conhecimento científico.

Boulomytis e Alves (2011) verificaram a expansão urbana em Bueno Brandão (MG) entre os anos de 2000 e 2007 utilizando imagens LANDSAT-5. Constata-se em tal análise, que houve expansão da área urbana de 4,23% nesse período, frente ao aumento da população urbana de 3,64%. A área de vegetação, a de solo exposto e as demais áreas sofreram decréscimos de 2,29%, 3,21% e 15,15%, respectivamente. Assim destaca-se, nesse período, que o processo de expansão urbana se deu nas áreas sem cobertura vegetal, solo exposto e demais áreas.

Carvalho Junior, Souza e Pereira Junior (2011) procuraram analisar o processo de ocupação urbana em Goiânia-GO no período de 1985 até 2010 utilizando imagens LANDSAT. Neste trabalho foi possível verificar o direcionamento da mancha urbana do município de Goiânia no sentido da região centro-sul e sudoeste do município ocupando grandes áreas. Em contrapartida a região norte apresentou apenas uma leve expansão urbana, e a região noroeste superou de maneira mínima, a expansão urbana no sentido norte.

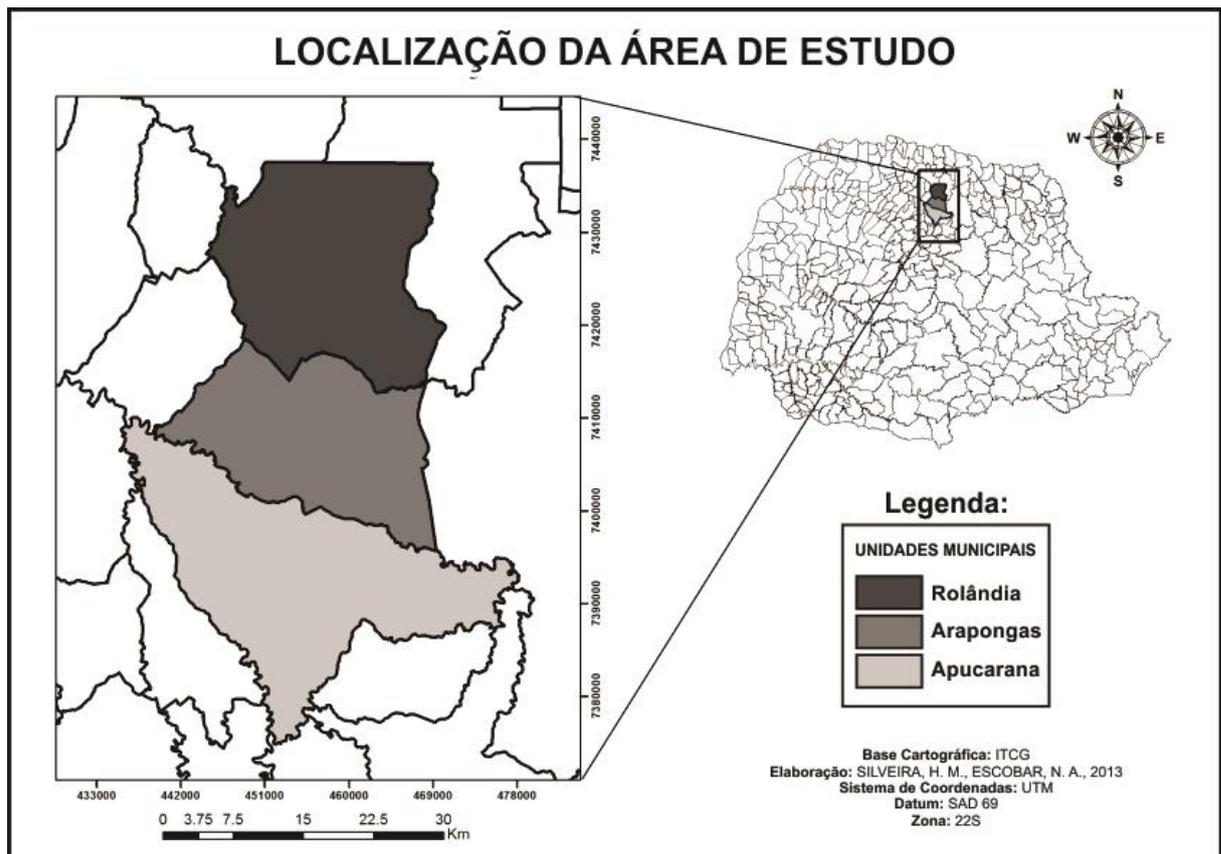
Borsoi (2008) buscou elaborar uma análise multitemporal da dinâmica da expansão urbana em áreas de proteção permanente no município de Caçapava-SP. O autor utilizou imagens do satélite LANDSAT 5, nos anos de 1986, 1993 e 2007, processando-as a modo de realce e aplicação de contraste. Um dos resultados apresentados foi referente à tendência de crescimento da cidade, onde esta apresentou crescimento significativo nos sentidos norte e sudoeste justificado pelo constante fomento a políticas públicas de estruturação urbana em bairros nessas regiões. Outro resultado apresentado no estudo refere-se ao avanço da urbanização em áreas de proteção permanente, onde se constatou um acréscimo de 92,6% de urbanização nessas áreas.

A apresentação das sínteses de trabalhos na mesma área de pesquisa deste estudo proposto tem por objetivo mostrar que a problematização deste tema não é algo novo e possui uma metodologia já aplicada. Em relação às metodologias apresentadas, nota-se um empenho em estudos de análise multitemporal de expansão urbana. O que diferencia o objetivo deste trabalho refere-se à utilização da análise multitemporal para a previsão e/ou análise projeção do crescimento urbano para anos futuros.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo localiza-se na porção norte central do Estado do Paraná, abrangendo os municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana, conforme figura 3.

Figura 3 – Localização dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR)



Fonte: Instituto de Terras, Cartografias e Geociências (ITCG). Elaborado por SILVEIRA, H. M., ESCOBAR, N. A. (2013)

A região em contexto nasce a partir das ações da Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) que coloniza a região para servir de polo mediador da produção agrícola destinado a abastecer os grandes centros (Londrina e Maringá). O município de Apucarana foi projetado em 1934 e pertenceu ao município de Londrina até 1944, quando Apucarana eleva-se a categoria de município. Na estruturação de Apucarana, o apoio da CTNP e do município de Londrina, mostraram-se insuficientes para as demandas da população da época, partindo da iniciativa popular o incremento de um desenvolvimento local e de infraestrutura (IBGE, 2013b).

O município de Rolândia segue a lógica da fundação de localidades urbanas por parte da CTNP. A fama da prosperidade da terra roxa atraiu imigrantes de várias localidades (nacionais e estrangeiros) em especial os paulistas, mineiros e alemães. A contribuição dos imigrantes brasileiros e estrangeiros foi de fundamental importância para o desenvolvimento do município. Rolândia torna-se município em 1943, denominado a princípio de município de Caviúna, passando a adotar o nome Rolândia a partir de 1947 (IBGE, 2013c).

Como grande parte dos municípios idealizados pela CTNP Arapongas foi, a princípio, planejada. Como fruto do processo de expansão, uma série de novos agricultores vindos de diversas regiões, instalaram-se nesses lotes por volta de 1935, onde a princípio a ideia da ocupação era destinada as atividades agrícolas e a uma nova ocupação urbana. A partir de então, foram povoadas as glebas por japoneses e escravos (IBGE, 2013d).

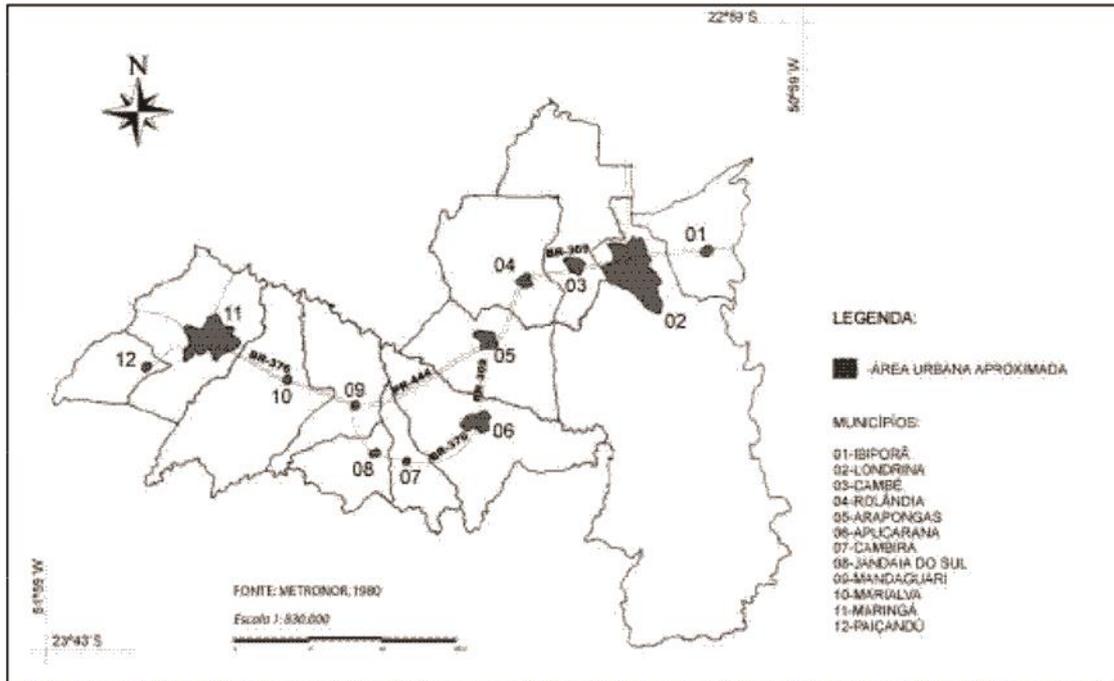
Arapongas pertenceu ao município de Londrina até o ano de 1943, e desta data em diante, Arapongas passa a responder administrativamente ao município de Rolândia e só a partir de 1947 eleva-se o município de Arapongas eleva-se a categoria de município independente, desmembrando-se finalmente da dependência administrativa de outros municípios (IBGE, 2013d).

Fresca (2004, p.239-242) destaca que em 1960 a rede urbana do norte do Paraná apresentava fraca heterogeneidade produtiva caracterizada principalmente pela produção agrícola, em especial o café, destinado principalmente ao mercado de exportação e a produção de gêneros alimentícios e matérias-primas ao setor industrial, em especial à São Paulo. Por outro lado no final do século XX, ocorre um aumento da produção industrial, que gerou cidades especializadas em determinadas atividades industriais.

Para Rocha (2012, p. 182) há a gênese de um grande aglomerado urbano ao longo do eixo Londrina/Maringá apresentando-se com uma das áreas mais dinâmicas do Brasil.

A localização dos centros urbanos no eixo Londrina/Maringá estão estruturados principalmente pelas rodovias BR-369 e BR-376 interligados pela PR-444, conforme figura 4.

Figura 4 – Metrópole Linear Norte do Paraná - METRONOR



Fonte: PARANÁ (1980)

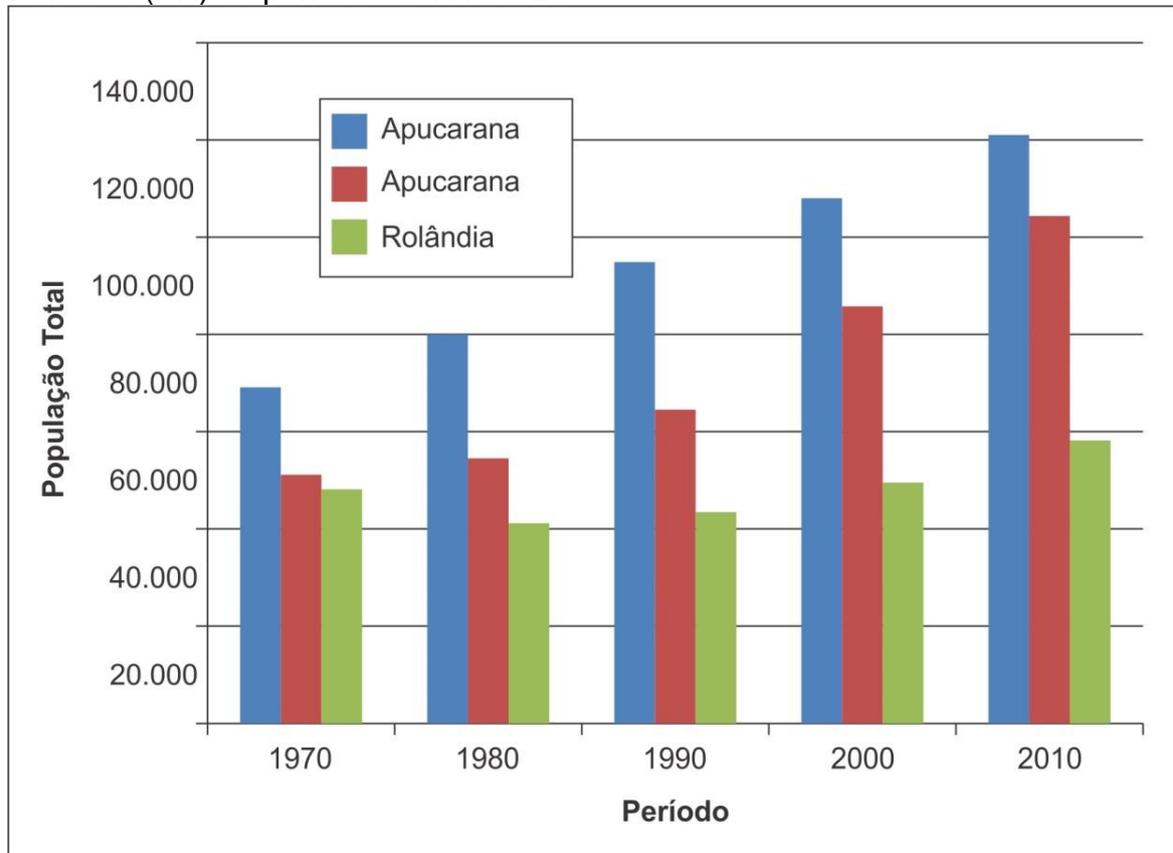
De fato a articulação dessas cidades se deu pelos eixos rodoviários, em especial os municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana ligados principalmente pela BR-369 e PR-444.

No processo da estruturação desse eixo caracterizava-se um processo de entropia onde os pequenos núcleos de apoio rural perdem força por “esvaziamento” populacional e enfraquecimento econômico e, de maneira contrária, os grandes centros regionais crescem por “inchaço” migratório e se fortalecem economicamente, determinando a necessidade de grande oferta de empregos nos setores produtivos (PARANÁ, 1980, p.1-2).

Se analisado o crescimento demográfico no processo de estruturação das cidades até os dias atuais, nota-se que os municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana apresentam crescimentos demográficos distintos. Rolândia apresenta um decréscimo populacional no período de 1970 a 1980, apresentando após esse período um crescimento demográfico estável relativo até 2010. Apucarana apresenta crescimento demográfico praticamente estável no período de 1970 a 2010, sendo este, caracterizado como um dos entrepostos comerciais aos grandes centros. Arapongas por sua vez, apresenta crescimento relativamente baixo

período de 1970 a 1990, e em contra partida no período de 1990 a 2010 apresenta o maior crescimento relativo em relação às outras duas cidades, conforme gráfico 2.

Gráfico 2 – Crescimento demográfico dos municípios de Apucarana, Arapongas e Rolândia (PR) no período de 1970 a 2010



Fonte: IBGE, Séries Históricas Estatísticas (2013e)

Como já colocado, o fator industrialização influencia diretamente no crescimento populacional da cidade. As cidades de Arapongas e Apucarana, como coloca Fresca (2004, p.244), se tornaram cidades especializadas em produções industriais.

De acordo com Borges (1996) Arapongas tornou-se capital moveleira do estado e o segundo parque industrial da região sul do Brasil possuindo 142 indústrias moveleiras em 1996, gerando 5 mil empregos diretos e aproximadamente 10 mil empregos indiretos, responsáveis por quase 70% do ICMS do município (apud FRESCA, 2004, p. 244).

Apucarana tornou-se a “capital nacional do boné” e conta com aproximadamente 70 indústrias responsáveis por 60% da produção nacional de bonés (BORGES, 1996 apud FRESCA, 2004, p. 245).

Rolândia, por sua vez, concentra o maior número de empregos no subsetor de indústrias de produtos alimentícios, bebidas e álcool etílico e estes geram mais de 56% dos postos de trabalho industrial, aproximadamente 5.600 empregos (SOUZA; BRAGUETO, 2012, p.10).

De fato temos uma dinâmica urbana diferente nas cidades em contexto, onde os fatores como o crescimento populacional, processo de industrialização e eixos rodoviários interferem de maneira direta e intrínseca ao longo do processo de crescimento urbano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados georreferenciados, utilizou-se o software SPRING 5.2.1 (Sistema de processamento de Informações Georreferenciadas) como ferramenta para elaboração do projeto, banco de dados e processamento das imagens nos intervalos de cinco anos a partir do ano 1975 até o ano de 2011.e na elaboração dos polígonos de mancha urbana. As imagens foram adquiridas em tais datas, devido principalmente a disponibilidade de imagens no acervo digital do INPE, não havendo disponibilidade de imagens para o ano de 2010 optou-se pela utilização da imagem no ano de 2011, conforme quadro 2.

Quadro 2 – Lista de imagens selecionadas para análise multitemporal

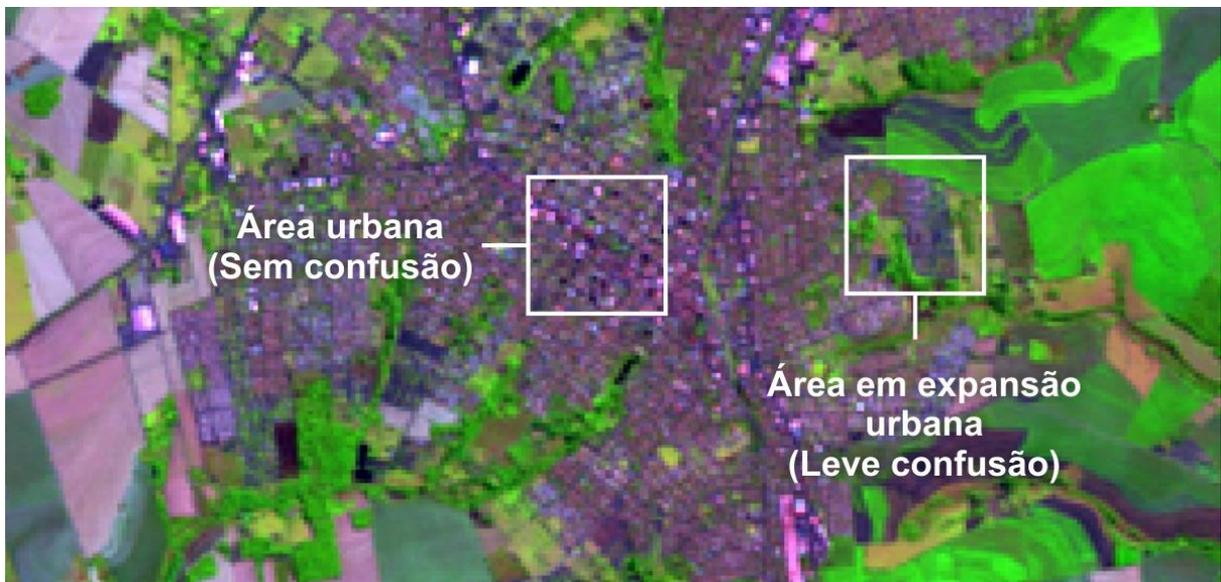
Data de Aquisição	Órbita/Ponto	Satélite/Sensor	Composição	Resolução Espacial
01/08/1975	238/076	LANDSAT-2/MSS	RGB/645	80 metros
16/01/1980	238/076	LANDSAT-3/MSS	RGB/465	80 metros
23/07/1985	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros
27/02/1990	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros
30/04/1995	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros
16/07/2000	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros
14/07/2005	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros
16/08/2011	222/076	LANDSAT-5/TM	RGB/543	30 metros

Fonte: INPE. Catálogo de Imagens (2011)

Para o recorte das imagens, utilizou-se o programa IMPIMA 5.2.1 que é um módulo adjunto ao software SPRING. No SPRING 5.2.1 as imagens foram georreferenciadas e aplicados os devidos contrastes para melhor visualização das áreas urbanas.

O processo de aplicação de contraste foi essencial para a criação de imagens de falsa cor e realce de diferentes alvos na imagem, em especial as áreas urbanas. A figura 5 mostra algumas características das áreas definidas como urbanas e áreas de expansão urbana com uma leve confusão na classificação.

Figura 5 – Confusão na classificação em áreas urbanas



Fonte: o próprio autor

Cabe ressaltar que áreas de expansão urbana podem ser confundidas com solo exposto (úmido ou seco), devido à proximidade na coloração, porém diferenciam-se quanto à textura e padrão. Em áreas urbanas os padrões tentam a ser em formas geométricas em especial os quadriculados e as texturas saturadas. Para que haja uma precisão na interpretação das áreas urbanas, utilizou-se um comparativo de uma imagem LANDSAT (direita) com imagens do *Google Earth* (Esquerda), devido a uma melhor resolução espacial da última citada, conforme figura 6.

Figura 6 – Reconhecimento de padrões em áreas urbanas com o auxílio do *Google Earth*



Fonte: o próprio autor

Com tais procedimentos, tornou-se possível a criação de polígonos utilizando-se da edição vetorial para contornar as áreas urbanas nos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011. Cria-se também um mapa temático explicitando as principais direções ou focos de crescimento urbano. A partir da criação dos vetores, elaborou-se um cálculo das áreas urbanas nos anos supracitados a fim de analisar o comportamento da mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR).

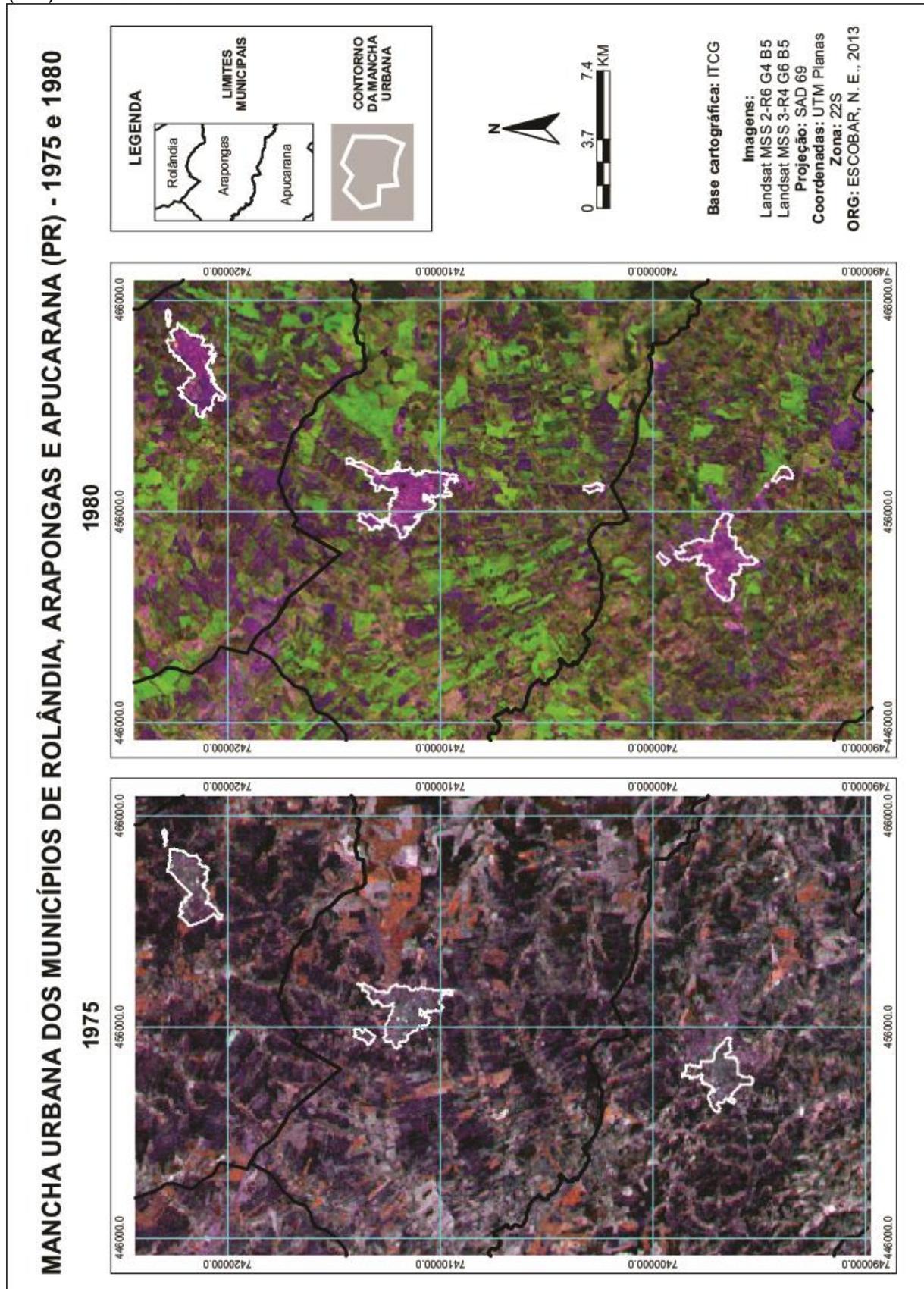
A partir dos cálculos de áreas, gerou-se uma série de gráficos no Software *Excel*, a fim de estipular, por base de cálculos de linha de tendência, as áreas urbanas dos municípios supracitados para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Este cálculo baseia-se na análise de variância em uma tendência linear (até dois elementos) e em variância polinomial de 2ª ordem (quando há mais de dois elementos).

Por último, organizaram-se os dados, mapas, gráficos e todo o material adquirido que, somados a discussões técnicas e geográficas, tornaram possível constatações a respeito das tendências de crescimento para os próximos anos nas cidades de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) conforme item subsequente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

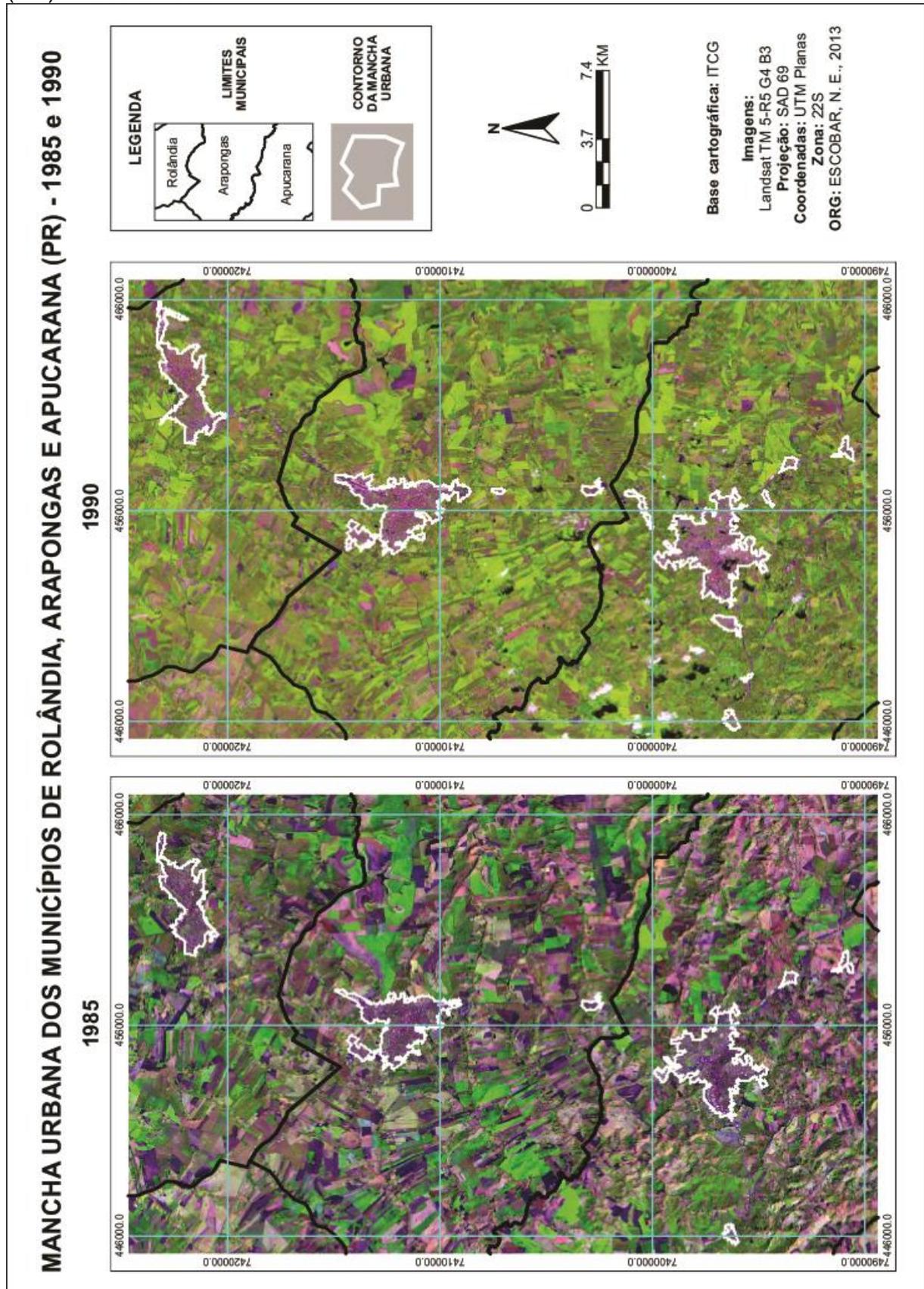
A partir da obtenção das imagens de satélite LANDSAT 2, 3 e 5, nos intervalos de cinco anos, tornou-se possível a criação, por meio da edição vetorial, dos polígonos das áreas urbanas dos municípios de Rolândia, Araongas e Apucarana nos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011, conforme figuras 7, 08, 09 e 10.

Figura 7 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) - 1975 e 1980



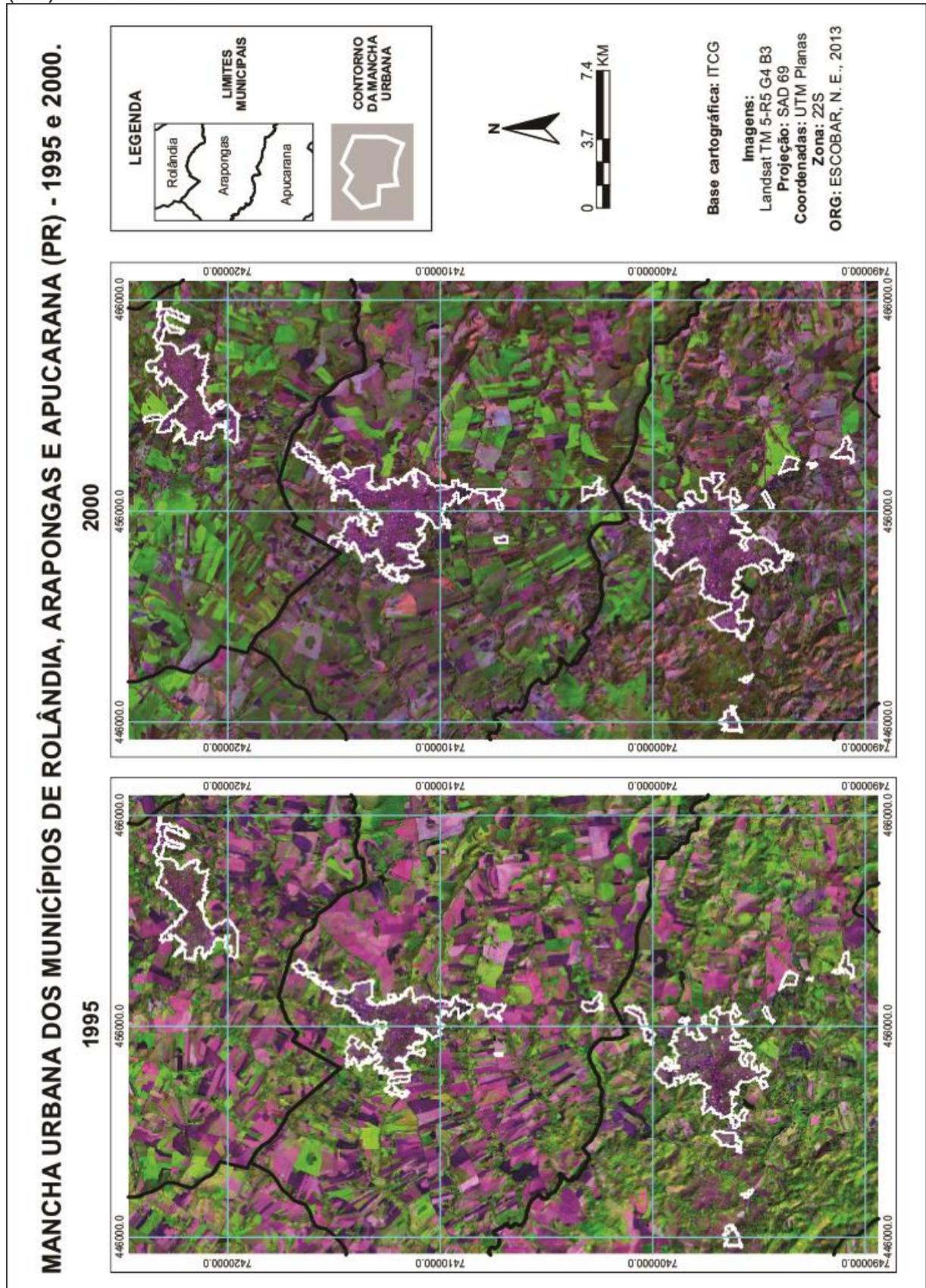
Fonte: o próprio autor

Figura 08 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) - 1985 e 1990



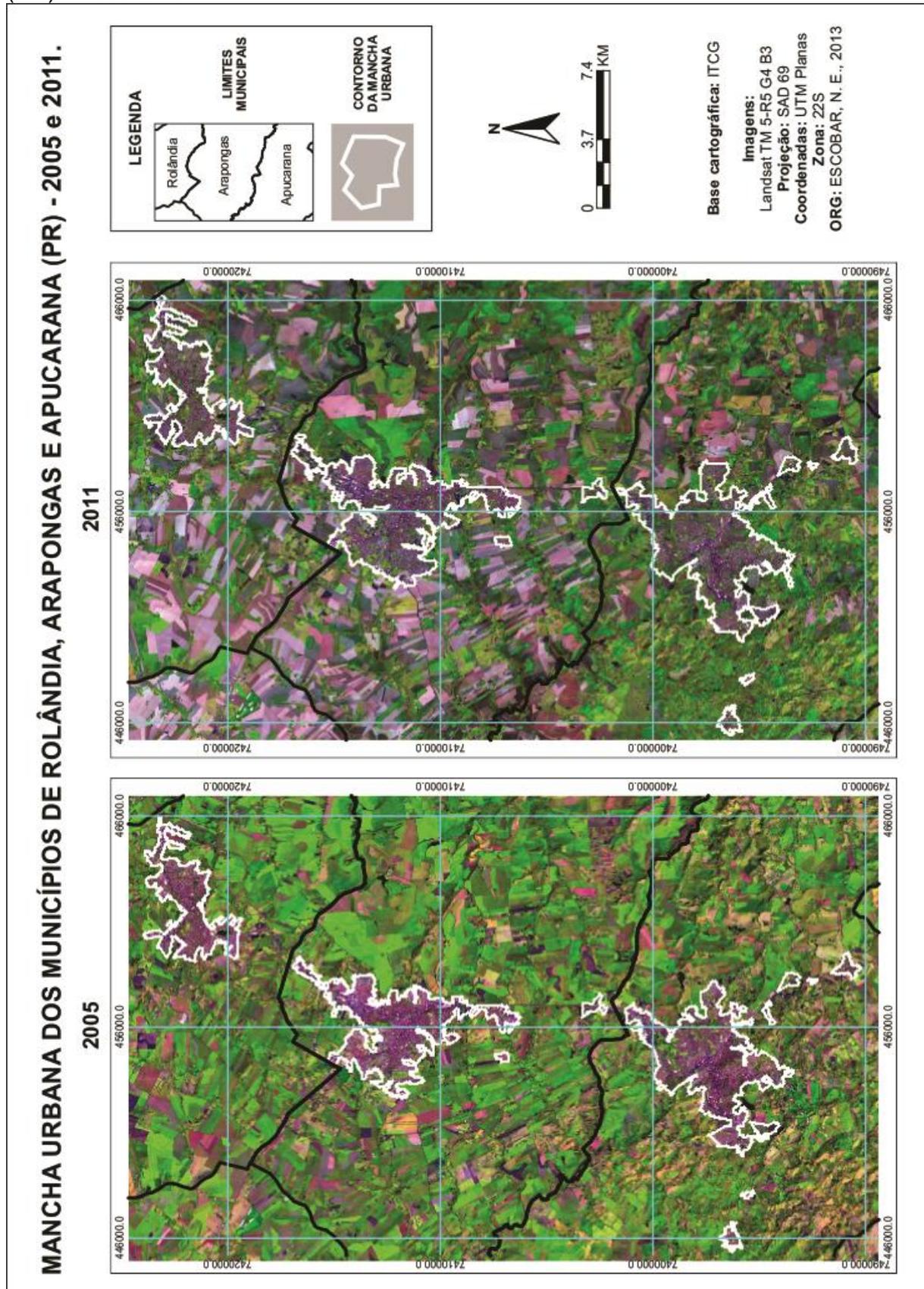
Fonte: o próprio autor

Figura 09 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) - 1995 e 2000



Fonte: o próprio autor

Figura 10 – Mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) - 2005 e 2011



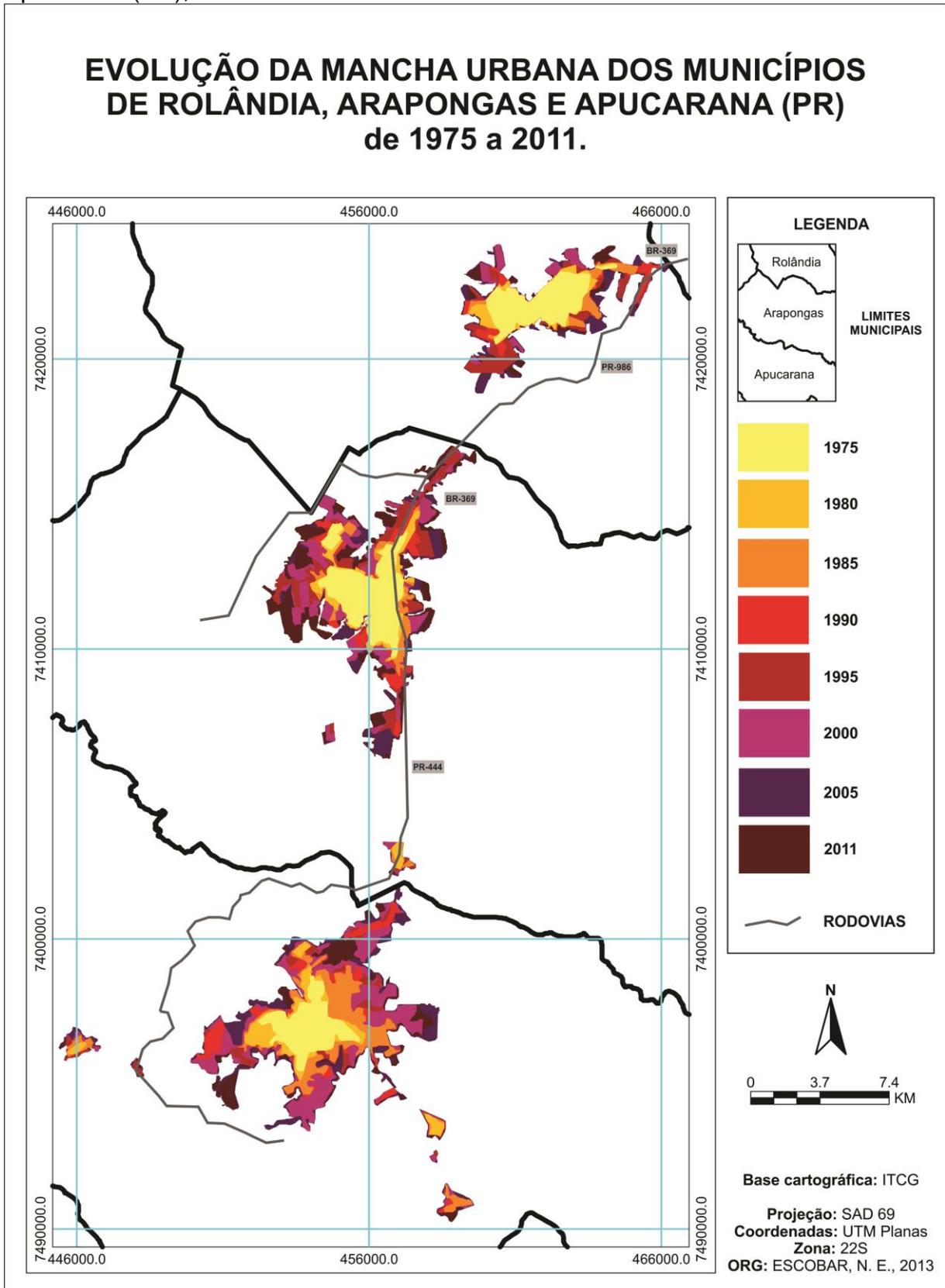
Fonte: o próprio autor

A utilização de geoprocessamento e de técnicas de interpretação visual nos permite em um primeiro momento fazer algumas análises.

Ressalta-se a princípio que, a baixa resolução espacial (80m) nas imagens para os anos de 1975 e 1980 (LANDSAT 2 e 3) interferem de maneira negativa nos resultados, de modo que, áreas urbanas podem ser facilmente confundidas com demais áreas. As imagens de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2011 (LANDSAT 5) possuem resolução média (30m) e facilitam a diferenciação de áreas por interpretação visual, se feitos os processos corretos de contraste e/ou realce das bandas.

Desta maneira, para facilitar a interpretação visual, criou-se um mapa temático contendo as oito séries temporais, de maneira a exposição das manchas urbanas em camadas com diferentes cores, como mostra a figura 13.

Figura 11 – Evolução da mancha urbana dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR), de 1975 a 2011



Fonte: o próprio autor

A partir de então, com a série multitemporal exposta, podem-se fazer algumas ressalvas. Nota-se em um primeiro momento um crescimento direcionado ao longo dos eixos rodoviários, como pode ser visto nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11. Rolândia apresenta seu crescimento urbano no período de 1975 a 1990 no sentido Cambé, no sentido BR-369, quando atinge seu limite municipal nordeste. Em 1990, o crescimento urbano se espalha no sentido norte e sul, no caso do último, ao longo da PR-986 e BR-369 no sentido Arapongas.

Arapongas, por sua vez, ganha destaque por estar localizada na porção central entre as cidades de Rolândia e Apucarana, e no eixo central da BR-369 e PR-444. Destaca-se que no processo de expansão urbana, Arapongas acaba por direcionar a expansão urbana das outras duas cidades, visto que o crescimento de Rolândia se dá no sentido norte para sul e o de Apucarana de maneira dispersa, porém com maior crescimento no sentido sudeste para norte. Cabe acrescentar que Arapongas vêm apresentando crescimento urbano superior em relação às outras duas cidades em contexto, como mostra o quadro 03.

Por último, Apucarana apresenta um crescimento mais disperso em relação às demais cidades, destacando-se o direcionamento da mancha urbana nos sentidos leste, norte, oeste e sudeste. Vale ressaltar que das três cidades, Apucarana apresenta o maior número de área de mancha urbana (2011), apresentando crescimento relativamente estável, com destaque ao período de 1995 a 2000, onde esta apresentou crescimento acima da média temporal (Quadro 03).

Quadro 3 – Evolução das manchas urbanas em km² dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) – 1975 a 2011

Ano/Cidade	Rolândia	Arapongas	Apucarana
1975	5,08	6,71	4,57
1980	6,22	8,44	7,24
1985	7,36	10,09	12,76
1990	8,55	11,99	15,47
1995	11,07	15,90	17,26
2000	12,42	21,16	25,06
2005	13,89	24,19	28,83
2011	16,73	30,63	33,69

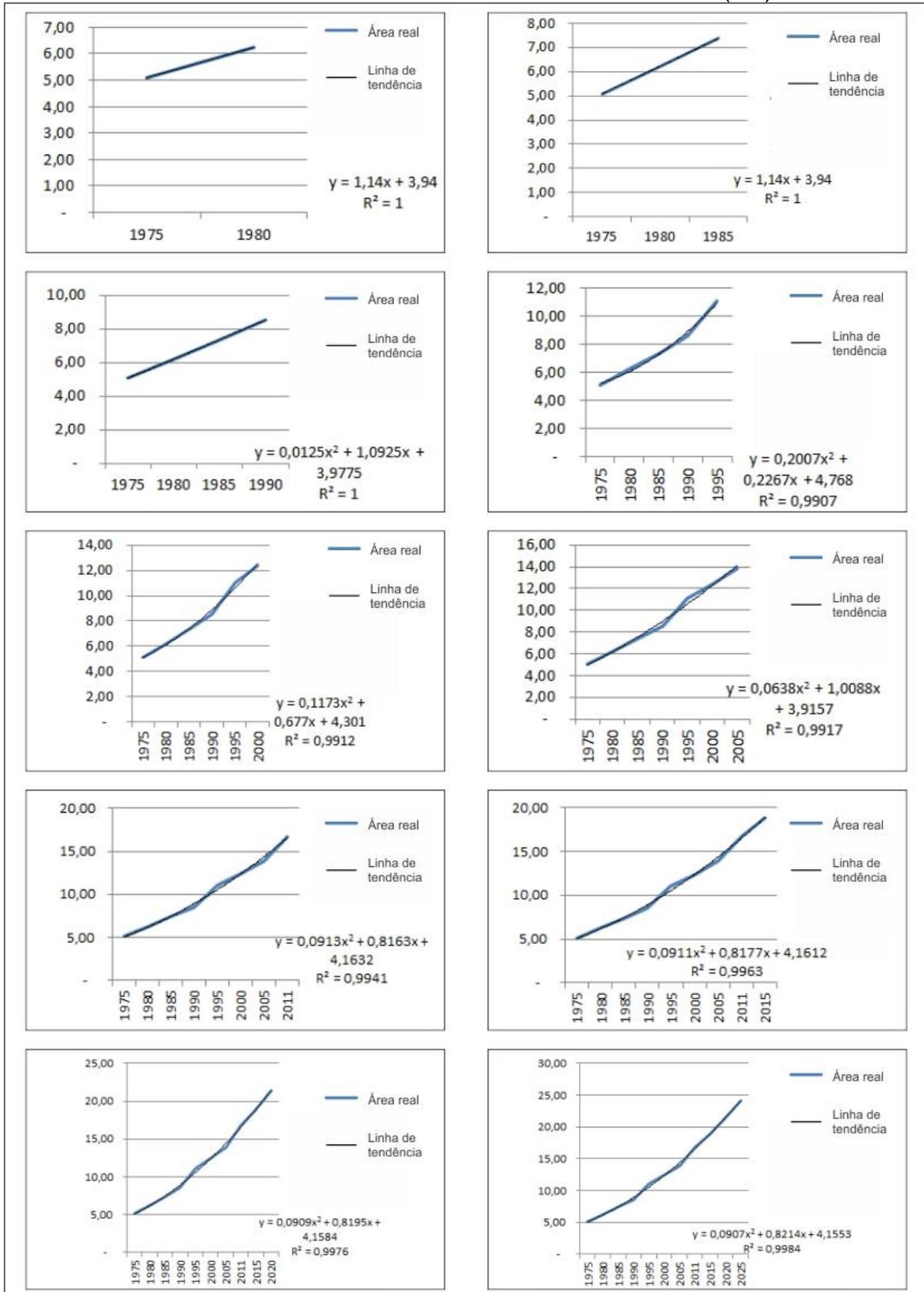
Fonte: o próprio autor

Os dados do quadro 03 foram extraídos dos polígonos criados por edição vetorial, onde se calcula a área através de medidas de classes, possível de serem obtidas em determinados ambientes SIG.

Com isso, procurou-se por meio dos dados obtidos, estipular a área urbana dos municípios de Rolândia, Araçongas e Apucarana (PR) para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030, utilizando-se do método de análise de variância. Esse processo baseia-se na criação em uma linha de tendência amparada nos intervalos anteriores para estipular o valor de um próximo intervalo.

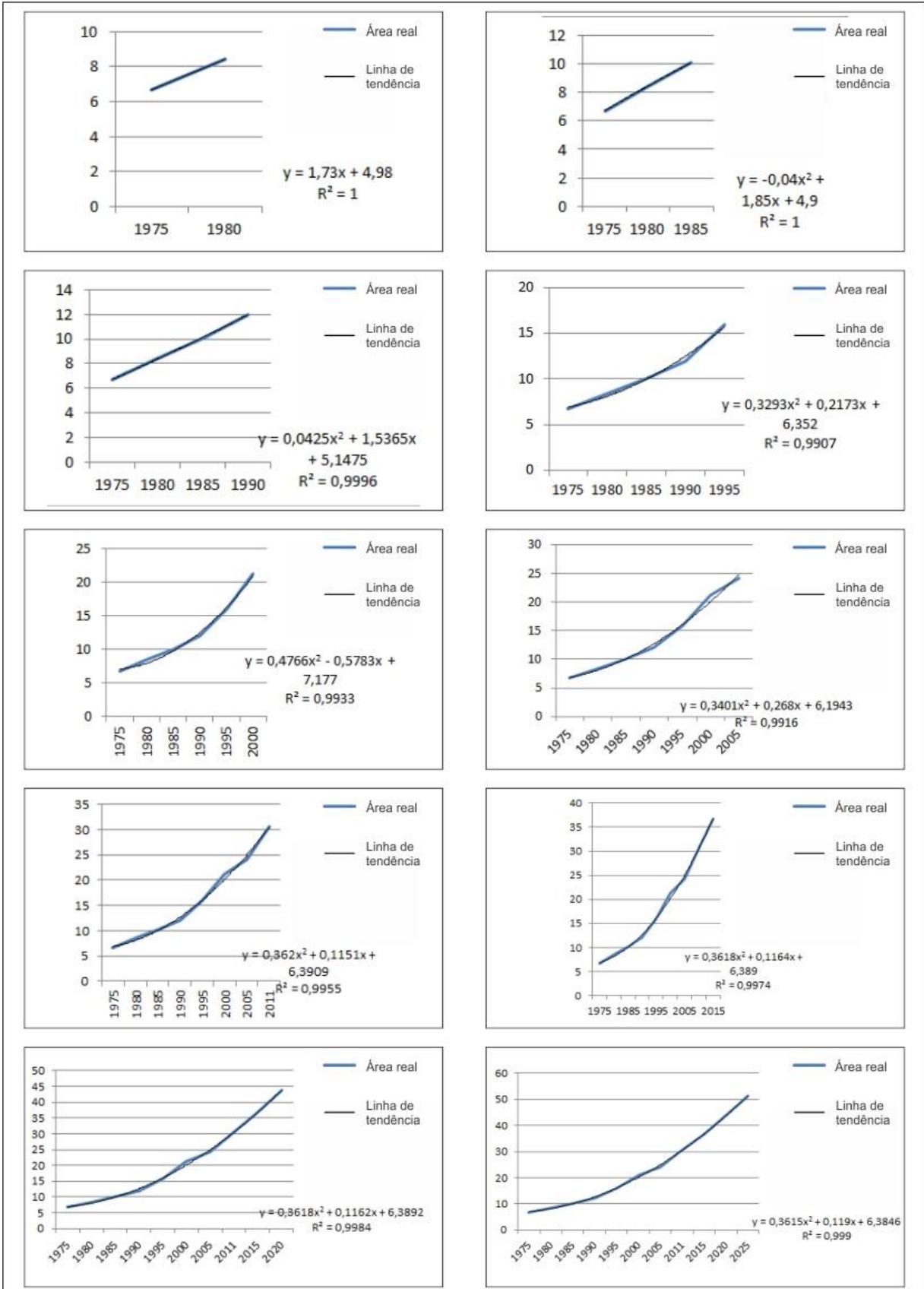
Dessa maneira mostra-se o processo de elaboração e obtenção dos dados de acordo com as variáveis e suas tendências para Rolândia (Gráfico 03), Araçongas (Gráfico 04) e Apucarana (Gráfico 05).

Gráfico 3 – Análise de variância da mancha urbana de Rolândia (PR) – 1975 a 2025



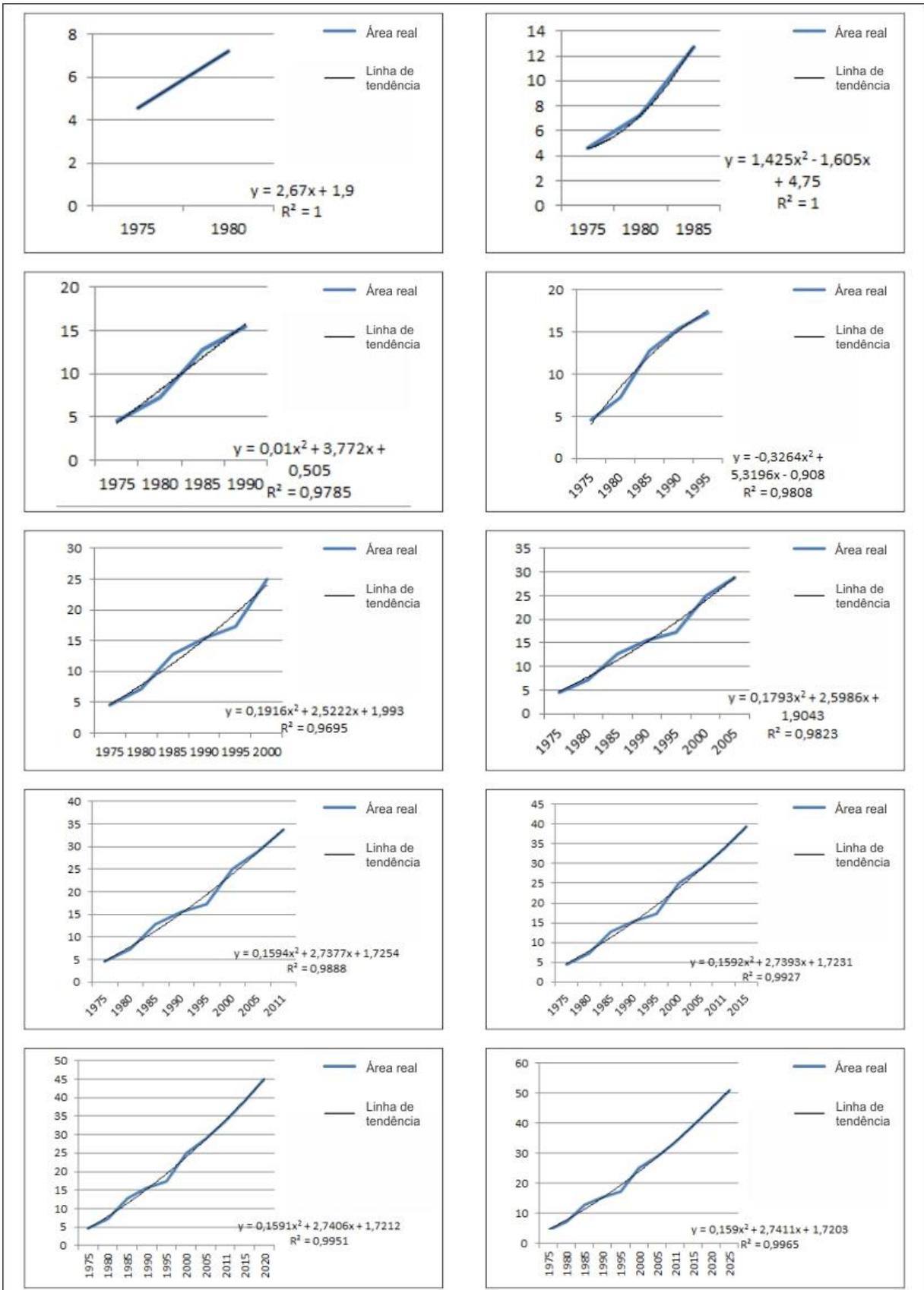
Fonte: o próprio autor

Gráfico 4 – Análise de variância da mancha urbana de Arapongas (PR) – 1975 a 2025



Fonte: o próprio autor

Gráfico 5 – Análise de variância da mancha urbana de Apucarana (PR) – 1975 a 2025



Fonte: o próprio autor

É válido ressaltar que ao longo dos anos, o crescimento urbano de uma cidade pode sofrer alterações ou incentivos devido a forças estatais, industriais, elite local e outros, ou seja, a linha de tendência analisa apenas dados do passado, para desta maneira auxiliar na previsão de dados futuros. Dessa forma busca-se elaborar uma margem de erro comparativa da área real e a calculada, devido a fatores externos que influenciam no processo de crescimento urbano.

A área calculada entende-se como a área projetada a partir dos anos de 1975 e 1980, de 1980 para 1985 e assim por diante até o ano de 2011, para salientar as diferenças entre o crescimento real e o crescimento fictício, caso esta metodologia fosse aplicada para os anos de 1985 a 2011. Desta maneira, destacam-se as margens de erro nos cálculos de áreas urbanas para o município de Rolândia (quadro 04), Araçongas (quadro 05) e Apucarana (quadro 06).

Quadro 4 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km² do município de Rolândia (PR) – 1975 a 2011

Ano/Área	Real	Calculada	Erro
1975	5,08	5,08	-
1980	6,22	6,22	-
1985	7,36	7,36	-
1990	8,55	8,50	0,05
1995	11,07	9,75	1,32
2000	12,42	13,35	0,93
2005	13,89	14,78	0,89
2011	16,73	16,06	0,67

Fonte: o próprio autor

Quadro 5 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km² do município de Arapongas (PR) – 1975 a 2011

Ano/Área	Real	Calculada	Erro
1975	6,71	6,71	-
1980	8,44	8,44	-
1985	10,09	10,17	0,08
1990	11,99	11,66	0,33
1995	15,90	13,89	2,01
2000	21,16	19,51	1,65
2005	24,19	26,48	2,29
2011	30,63	30,10	0,53

Fonte: o próprio autor

Quadro 6 – Variação entre área real, área calculada e margem de erro da mancha urbana em km² do município de Apucarana (PR) – 1975 a 2011

Ano/Área	Real	Calculada	Erro
1975	4,57	4,57	-
1980	7,24	7,24	-
1985	12,76	9,91	2,85
1990	15,47	21,13	-5,66
1995	17,26	19,61	-2,35
2000	25,06	19,25	5,81
2005	28,83	29,03	-0,20
2011	33,69	34,17	-0,48

Fonte: o próprio autor

Assim, nota-se uma baixa margem de erro nas áreas estipuladas (calculadas) para os municípios de Rolândia e Arapongas devido a um crescimento linear mais estável. Apucarana apresenta maiores margens de erro, onde cabe maior destaque ao ano 2000, que no comparativo, apresentou 5,81km² de erro entre área calculada e área real.

Com estes dados expostos, nota-se que, onde há crescimento anômalo em relação a uma média geral, as margens de erro tendem a serem

maiores, como no ano 1995 para Rolândia e Arapongas, e no ano 2000 para Apucarana.

Dessa maneira, através dos dados expostos e da metodologia apresentada, buscou-se estipular o tamanho das áreas urbanas dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030, conforme quadro 07.

Quadro 7 – Tendência de crescimento das manchas urbanas em km² dos municípios de Rolândia, Arapongas e Apucarana (PR) – 2015 a 2030

Ano/Cidade	Rolândia	Arapongas	Apucarana
2015	18,90	36,74	39,27
2020	21,44	43,73	45,03
2025	24,16	51,43	51,11
2030	27,07	59,83	57,50

Fonte: o próprio autor

A partir destes resultados, têm-se três situações bastante distintas. A cidade de Rolândia apresenta desde 1975 um crescimento relativamente estável sem grandes anomalias ou períodos onde o crescimento urbano se comportou de maneira muito distinta. Se comparadas as áreas de 2011, em relação aos próximos anos, temos um crescimento de 13% para o ano de 2015, de 28% para 2020, de 44% para 2025 e de 61% para o ano de 2030.

No município de Apucarana haverá um crescimento maior em números absolutos e em percentual. Se comparadas as áreas de 2011 com os próximos anos temos um crescimento de 16% para o ano de 2015, de 33% para o ano de 2020, de 51% para o ano de 2025 e de 70% para o ano de 2030.

Já Arapongas, apresenta crescimento urbano maior que ambas as cidades supracitadas. Se comparadas as áreas de 2011, em relação aos próximos anos, temos um crescimento de 19% para 2015, de 42% para 2020, de 67% para 2025 e de 95% para 2030.

Dessa maneira, Arapongas deve superar em 2025 a área urbana em km² em relação a Apucarana e para os próximos anos, apresentará crescimentos acima da média. A expectativa é que em 20 anos, o crescimento das áreas urbanas de Arapongas apresentem significativo aumento em relação as demais citadas.

Vale ressaltar que esse processo pode desviar-se como o previsto, uma vez que os processos de verticalização, industrialização, por exemplo, são capazes de alocar uma grande parcela a população em determinadas áreas, cidades e espaços em um curto tempo, o que influencia de maneira direta na configuração destes espaços urbanos.

Desta maneira, as três cidades apresentaram características e tendências de crescimento urbano que diferem entre si.

A cidade de Rolândia, por ser a menor cidade das três discutidas, apresenta menores índices de crescimento relativo e absoluto. Rolândia não apresenta atividades industriais fortes a nível regional, dando-se destaque aos subsetores de produtos alimentícios. Desta maneira esta cidade tende a apresentar índices de crescimento estáveis sem grandes picos para os próximos anos.

Já Apucarana apresenta uma dinâmica urbana mais vibrante, servindo de entreposto ao eixo Londrina - Maringá. Têm sua importância a nível regional e nacional destacando-se na indústria, o ramo têxtil em especial a produção de bonés a nível regional e nacional. Para os próximos anos, Apucarana apresentará crescimento significativo, porém não superando as projeções de crescimento de Arapongas.

Por último, Arapongas apresenta o maior índice de crescimento e uma dinâmica urbana em constante evolução. Ressalta-se na indústria, a produção de móveis a nível nacional e internacional, destacando o grande PIB gerado por indústrias do ramo. Esta cidade tende a apresentar índices de crescimentos altíssimos e vêm se tornando polarizadora de urbanização devido a fatores industriais, prestação de serviços especializados e localização nos eixos de integração rodoviária.

CONCLUSÃO

As cidades de Rolândia, Arapongas e Apucarana, objeto de estudo deste trabalho, apresentaram crescimento urbano bastante considerável no período de 1975 e 2011. Para as projeções até 2030, destaca-se a cidade de Arapongas que possui uma tendência de crescimento maior entre as três cidades em contexto.

A partir da obtenção de resultados, é válido destacar a importância de estudos urbanos pautados de ferramentas SIG e técnicas de geoprocessamento devido principalmente a precisão na obtenção de resultados.

Os objetivos deste trabalho foram alcançados com êxito, de maneira que a criação de polígonos de áreas urbanas, cálculos das mesmas, e análise de tendência obtiveram margem de erro mínima, dessa maneira, espera-se que o crescimento urbano real acompanhe as projeções propostas neste trabalho.

Contudo, cabe ressaltar que o processo para projeção e análise de tendência de crescimento urbano, deve levar em consideração outros fatores e agentes que produzem o espaço urbano. Dessa forma, este trabalho apresenta-se como uma das etapas essenciais a tal processo, não limitando a trabalhos futuros uma análise mais aprofundada do tema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Eduardo Henrique Gerladi; KUX, Hermann Johann Heinrich; FLORENZANO, Teresa Galotti. Análise multitemporal de dois bairros de Belo Horizonte (MG) usando classificação orientada a objetos de imagens Quickbird e inferências espaciais. IN: BLASHKE, Thomas; KUX, Hermann. (Org.). **Sensoriamento remoto e SIG avançados**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BORDO, Adilson Aparecido. Os eixos de desenvolvimento e a estruturação urbano-industrial do estado de São Paulo, Brasil. **Scripta Nova**. Universidade de Barcelona. v9, n.194 (79). 2005. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-79.htm>>. Acesso em: 22 set. 2013.

BORSOI, Vanessa. **Análise multitemporal da dinâmica da expansão urbana em áreas de proteção permanente no município de Caçapava-SP**. Relatório final de projeto de iniciação científica – PIBIC/CNPQ/INPE, 2008.

BOULOMYTIS, Vassiliki Teresinha Galvão; ALVES, Cláudia Durand. Classificação de imagens TM5-Landsat com análise orientada a objeto para a verificação da expansão urbana de Bueno Brandão, MG. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.1036-1042.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. 1998. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/geologia/GAA01048/papers/Burrough_McDonnell-Two.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013

CÂMARA, Gilberto. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. 1998. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

CARVALHO JÚNIOR, Nelito Rodrigues de; SOUZA, Lennio Jader Ferreira de; PEREIRA JUNIOR, Lindolfo Caetano. Utilização de imagem Landsat TM na análise da ocupação urbana do município de Goiânia – GO. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.4602-4608.

CORRÊA, Roberto Lobato. Construindo o conceito de cidade média. IN: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (Org.). **Cidades médias: espaços em transição**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

CORRÊA, Roberto Lobato. Uma nota sobre a o urbano e a escala. **Revista Território**, Rio de Janeiro, ANO VII, 11, 12 e 13, p. 133-136, set./out. 2003.

CRÓSTA, Álvaro Penteado. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

DEMARQUI, Edgar Nogueira. **Delimitação e Representação de Áreas de Expansão Urbana da Cidade de Álvares Machado-SP**. 2006. Monografia (Especialização em Planejamento e Gestão Municipal) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente.

DGI. Divisão Geral de Imagens. INPE. **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. 2011. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/satelites.htm>>. Acesso em: 11 set. 2013.

ENDLICH, A. M. **Pensando os papéis e significados das pequenas cidades no noroeste do Paraná**. Tese de doutorado em Geografia. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2006.

FRESCA, Tânia Maria. **A rede urbana do norte do Paraná**. Londrina: Eduel, 2004.

FRESCA, Tânia Maria. Em Defesa dos Estudos das Cidades Pequenas no Ensino de Geografia. **Geografia**, Londrina, v.10, n.1, p. 23-34, jan./jun. 2001.

GEORGE, Pierre. **Geografia urbana**. São Paulo: Difel, 1983.

IBGE. Cidades@. Apucarana. **Histórico**. 2013b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410140&search=parana|apucarana#historico>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

IBGE. Cidades@. Arapongas. **Histórico**. 2013d. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=410150&search=parana|arapongas|infograficos:-historico>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

IBGE. Cidades@. Rolândia. **Histórico**. 2013c. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=412240&search=parana|rolandia#historico>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. 2013a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/elementos_representacao.html>. Acesso em: 22 out. 2013.

IBGE. Séries Históricas Estatísticas. **População presente e residente, por sexo (dados do universo, dados da amostra)**. 2013e. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD77>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

INPE. **Catálogo de Imagens**. 2011. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/satelites.htm>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

MOREIRA, Maurício. Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

OBT. Coordenação Geral de Observação da Terra. **Satélites**. 2013. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/satelites.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

PARANÁ. Governo do Estado. Secretaria de Estado do Planejamento. Coordenadoria de Estudos e Projetos. **METRONOR: Plano Diretor do Eixo Londrina-Maringá**. Curitiba, 1980.

ROCHA, Márcio Mendes. Formação de uma metrópole linear e a mobilidade humana: a polarização da população para o eixo Londrina / Maringá (PR). IN: SILVA, Catia Antonia da; OLIVEIRA, A Loureiro de; RIBEIRO, Ana Clara Torres. (Org.). **Metrópoles: entre o global e as experiências cotidianas**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SIMAS, Fernando Anísio; LUDKA, Vanessa Maria; FRAGA, Nilson César. Território(s) e desenvolvimento regional: arranjos e perspectivas na relação entre pequenas e médias cidades. IN: FRAGA, Nilson César (Org.). **Territórios e fronteiras: (re)arranjos e perspectivas**. Florianópolis: Insular, 2011.

SOUZA, Isabella Castro de; BRAGUETO, Claudio Roberto. Dinâmica Industrial Paranaense e o município de Rolândia: 1985 a 2010. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2012, Belo Horizonte. **Anais...** Disponível em: <<http://www.eng2012.org.br/trabalhos-completos?download=1463:isabella-castro-de-souza&start=1120>>. Acesso em: 15 out. 2013.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **A B C do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e Urbanização**. 14. ed. São Paulo: Contexto, 2004.

STEFFEN, Carlos Alberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2005. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

UFRGS. Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto. **Processamento digital de imagens**. 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/pdi.html>>. Acesso em: 13 nov. 2013.