
ANÁLISE MULTIVARIADA DE PADRÕES DE EDIFICAÇÕES DO QUADRILÁTERO CENTRAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, SP

GORGE DEROCO MARTINS¹

VILMA MAYUMI TACHIBANA^{1,2}

Universidade Estadual Paulista – Unesp¹

Programa de Pós Graduação em Ciências Cartográficas, Presidente Prudente, SP

Departamento de Computação, Matemática e Estatística²

deroco87@hotmail.com¹, vilma@fct.unesp.br²

RESUMO – Neste trabalho é apresentada a Análise Multivariada dos índices de área edificada de uma amostra de lotes do quadrilátero central de Presidente Prudente-SP. O estudo foi desenvolvido para fornecer aos urbanistas uma alternativa para interpretação de variáveis referentes ao crescimento edilício urbano, as quais não podem ser representadas conjuntamente em projeções cartográficas. Num sistema de visualização cartográfica, as análises espaciais da densidade edificada de uma zona urbana e o decorrente impacto em infra-estrutura, as quais estas causam, são geralmente negligenciadas e omitidas por limitações de representação em um mapa bidimensional. Neste sentido, a integração dos métodos estatísticos (Análise de Clusters e Componentes Principais) com representações cartográficas da área de estudo permitiu uma melhora significativa na classificação e julgamento das áreas mais propícias a causar impactos na infra-estrutura urbana, levando-se em consideração padrões que representam o índice de densidade e o crescimento vertical das edificações. Os resultados são representados em cartogramas, facilitando a identificação de padrões e a visualização das características da área territorial em estudo.

ABSTRACT - This work presents the multivariate analysis of indices of built up area of a sample batch of the central quadrangle of Presidente Prudente, SP. The study was designed to provide planners an alternative interpretation of variables related to urban growth edification, which can not be jointly represented in map projections. In a system of cartographic visualization, spatial analysis of the density of an urban area built and the resulting impact on infrastructure, which they cause, are generally neglected and omitted due to limitations of representation in a two-dimensional map. In this sense, the integrating of statistical methods (Cluster Analysis and Principal Components Analysis) with cartographic representations of the study area allowed a significant improvement in the classification and assessment of areas more likely to have impacts on urban infrastructure, taking into account standards representing the density and rate of vertical growth of buildings. The results are represented in cartograms, facilitating the identification of patterns and the visualization of the characteristics of the land area under study.

1. INTRODUÇÃO

O mapa é uma forma de representar o universo do mundo real, que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema de representação. Esta reprodução é factível graças ao princípio de analogia, e visa representar os objetos segundo as mesmas disposições, relações e dimensões pelas quais elas são percebidas na realidade (CASTI, 2003).

Neste sentido, a representação visa evidenciar fenômenos esparsos em forma de mapas, nos quais a densidade ou a concentração é de fundamental importância, criando uma relação na qual a “razão entre a massa de uma substância colocada num espaço e a dimensão deste espaço” seja revelado. As técnicas de representação cartográfica são métodos de elevada eficácia na comunicação, pois estabelece “uma relação da substância com uma extensão dotada de uma escala e de uma métrica” (LEVY, 2003). Variando-se o numerador e o denominador desta relação, variar-se-á também a substância que se deseja revelar, bem como sua escala e métrica.

Atualmente, os produtos cartográficos são uma ferramenta primordial no planejamento urbano, para fim de controlar o potencial construtivo dos imóveis no que tange o crescimento vertical dos edifícios e o impacto em infra-estrutura urbana causado pelas grandes construções.

Em seguida, criou-se um mapa representativo do contorno das quadras e das fronteiras dos seus respectivos lotes, por restituição fotogramétrica, a partir de um par de fotos digitais na escala de 1:8000, concebidas por uma câmera WILD RC10, em um aerolevanteamento sobre área em 2008.

O processo de restituição fotogramétrica foi realizado no software LPS, utilizando-se o módulo de restituição PRO 600. Cabe ressaltar que antes do processo restituição fotogramétrica das quadras, foi realizada a fototriangulação do par de fotos referentes à área de estudo e medição em campo das coordenadas dos pontos de apoio para a realização deste processo.

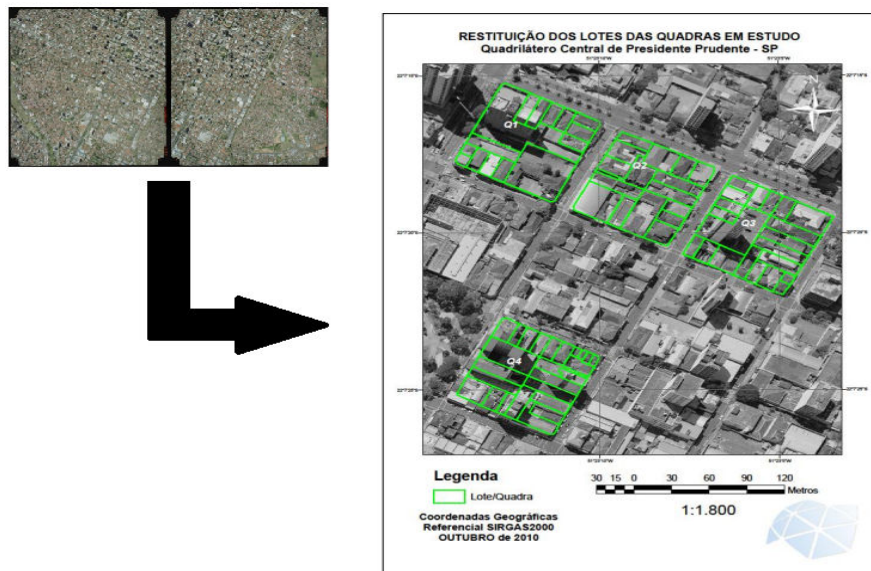


Figura 2. Restituição das quadras na área de estudo, sobreposta a uma imagem QuickBird.

2.1 Aquisições de variáveis urbanísticas

As variáveis utilizadas para Análise de Componentes Principais e formação de Clusters foram calculadas fisicamente e confirmadas no banco de dados da Prefeitura Municipal. As variáveis calculadas referentes às características individuais de cada lote são: CA (Coeficiente de Aproveitamento), Área Construída para um CA=4, Área Construída para um CA=6, Estoque de Área Disponível para um CA=4 (EA4) e Estoque de Área Disponível para um CA=6 (EA6), outras variáveis como Área do Lote (AL) e Área total construída foram adquiridas no departamento de Planejamento Urbano do Município.

Para escolha das variáveis a serem usadas como suporte para o trabalho, foi realizado um estudo detalhado dos parâmetros que representassem de melhor forma a densidade edilícia (razão entre o número de edificações por uma determinada área) e o crescimento vertical de uma área urbana.

Segundo Castilho (2010), o CA e Estoque de Área disponível são importantes índices para se medir verticalização urbana e, quando representados e analisados, tornam-se parâmetros para combater vazios e conter o processo de ampliação das edificações. Assim, esses índices foram às principais variáveis utilizadas neste estudo.

O coeficiente de aproveitamento CA é a inserção espacial do lote (limite geral), isto é, se a área em que o imóvel se encontra permite o adensamento ou ainda há estoque disponível. Seu valor pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$CA = (\text{Área do construída do lote})/(\text{Área do lote}). \quad (1)$$

Segundo Castilho (2010), o Estoque de Área Disponível é a área ainda passível de adensamento, ou seja, aquela que ainda pode ser edificada no lote. Existe, portanto, uma relação direta entre o estoque de área disponível e o CA, que pode ser calculado como:

$$\text{Estoque de Área Disponível} = (\text{Área construída para um CA estipulado por lei local}) - (\text{Área construída do lote}). \quad (2)$$

Foram simulados CAs de 4 e 6 para os cálculos de estoque de área disponível, pois em Presidente Prudente o valor de CA pode chegar até 4 com uma tolerância de até 6.

FID	Shape	AreaT	AreaConst	CA	CA4	CA6	FA4	FA6
0	Polygon ZM	106,842272	242,09	2,265963	427,369087	641,053631	165,279087	398,963631
1	Polygon ZM	88,790914	76	0,876468	355,163655	532,745432	271,163655	454,745432
2	Polygon ZM	331,814167	109,31	0,329332	1327,656668	1991,485002	1218,146668	1882,175002
3	Polygon ZM	220,165877	210	0,953826	880,863508	1320,995282	670,863508	1110,995282
4	Polygon ZM	480,518975	465,32	0,968837	1922,075901	2883,113851	1456,755901	2417,793851
5	Polygon ZM	403,400868	358,27	0,888124	1613,603472	2420,405208	1255,333472	2062,135208
6	Polygon ZM	332,316578	221,68	0,667075	1329,266311	1993,899466	1107,586311	1772,219466
7	Polygon ZM	291,9405	291,96	1,000067	1167,762	1751,643	875,802	1459,683
8	Polygon ZM	471,841652	1113,8	2,369538	1887,986606	2831,049909	773,566606	1717,249909
9	Polygon ZM	184,422748	400,95	2,174081	737,690993	1106,53649	336,740993	705,586489
10	Polygon ZM	476,662248	0,01	0	1906,648993	2859,973489	1906,648993	2859,973489
11	Polygon ZM	407,994463	335	0,82109	1631,97785	2447,966775	1296,97785	2112,966775
12	Polygon ZM	499,950267	220,65	0,441344	1999,801068	2999,701692	1779,151068	2779,051692
13	Polygon ZM	242,007437	189,54	0,746601	963,029746	1452,04462	787,409746	1271,50462
14	Polygon ZM	1495,215016	8357,76	5,589884	5980,860064	8971,290006	2376,810006	6134,510006
15	Polygon ZM	214,763158	147,32	0,685901	859,132631	1286,698947	711,812631	1141,278947
16	Polygon ZM	715,174721	530	0,741078	2860,698883	4291,048325	2330,698883	3761,048325
17	Polygon ZM	247,440338	190,56	0,770125	989,761353	1484,64203	799,201353	1294,08203
18	Polygon ZM	222,057396	135,98	0,612364	888,229586	1332,344379	752,249586	1196,364379
19	Polygon ZM	265,08409	448,13	1,69052	1060,383651	1590,504542	612,206361	1142,274542
20	Polygon ZM	361,794082	345,95	0,956207	1447,17633	2170,764495	1101,22633	1824,614495
21	Polygon ZM	238,167953	280,2	1,176481	952,671814	1429,007721	672,471814	1148,807721
22	Polygon ZM	960,830009	950	0,988728	3843,320038	5764,980057	2893,320038	4814,980057
23	Polygon ZM	908,669542	1000,36	1,100906	3634,878168	5452,017251	2634,318168	4451,657251
24	Polygon ZM	255,379498	382,25	1,496792	1021,517994	1532,27699	639,287994	1150,02699
25	Polygon ZM	275,771711	353,36	1,28135	1103,086842	1654,630262	749,226842	1391,270262
26	Polygon ZM	473,567978	300	0,633489	1894,271914	2841,407871	1594,271914	2541,407871
27	Polygon ZM	235,033779	386,45	1,644232	940,135116	1410,202674	553,685116	1023,752674
28	Polygon ZM	469,238953	203,37	0,433404	1876,955814	2815,43372	1673,585814	2612,06372
29	Polygon ZM	441,78941	420	0,950679	1767,157638	2650,736457	1347,157638	2230,736457
30	Polygon ZM	339,039415	339	0,999894	1356,157862	2034,236493	1017,157862	1695,236493
31	Polygon ZM	241,648545	263,17	1,08907	966,586182	1449,879273	703,416182	1186,709273
32	Polygon ZM	357,416594	230	0,643507	1429,666376	2144,499564	1199,666376	1914,499564
33	Polygon ZM	544,420205	480	0,881672	2177,681001	3266,521502	1697,681001	2786,521502
34	Polygon ZM	315,533695	342	1,083878	1282,13478	1893,202171	920,13478	1551,202171
35	Polygon ZM	111,629751	334,13	2,993198	446,519004	669,776596	112,389004	335,648596
36	Polygon ZM	239,744254	452,9	1,889096	958,977014	1438,655521	508,977014	955,655521
37	Polygon ZM	234,933299	184,65	0,785968	939,733197	1409,599795	755,083197	1224,549795
38	Polygon ZM	627,164568	400	0,758748	2188,738724	3183,107336	1708,738724	2783,107336

Figura 3. Interface onde foram inseridos e calculados os parâmetros de cada lote.

2.2 Análise Multivariada

Esta primeira análise proporciona uma visão global, numa perspectiva puramente descritiva, mostrando como cada indicador caracteriza e diferencia os lotes, processando-se as seguintes etapas:

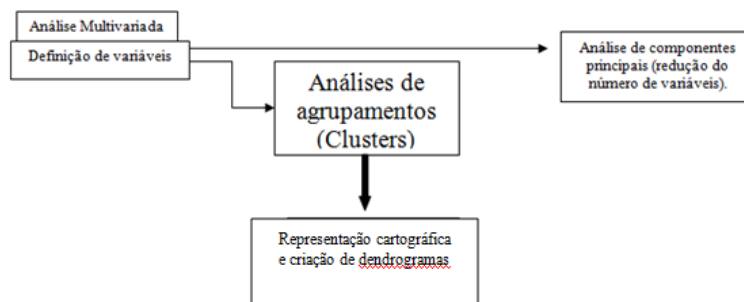


Figura 4. Metodologia e análise proposta.

A análise de clusters é uma técnica estatística de agrupamento de observações ou de indivíduos baseada na similaridade das suas características, formando grupos os mais homogêneos possíveis (JOHNSON; WICHERN, 2007). Como as variáveis envolvidas neste estudo apresentavam diferentes unidades de medida, elas foram padronizadas para que qualquer medida de distância utilizada não refletisse, sobretudo, o peso das variáveis que apresentassem maior valor e dispersão. Com a padronização, todas as variáveis ficaram com o mesmo peso. A partir de variáveis padronizadas para cada lote, foi realizado o agrupamento das observações, utilizando medidas de dissimilaridade (distância euclidiana) e técnica hierárquica aglomerativa, método de ligação completa. De acordo com Mingoti (2005), nesse método, a similaridade entre dois conglomerados é definida pelos elementos que são “menos semelhante” entre si e em cada estágio do processo de agrupamento, essa medida é calculada para todos os pares, sendo, então, combinados num único aqueles que apresentarem o menor valor da distância, isto é, o menor valor de máximo.

Os lotes representados na Figura 2, com a aplicação da técnica, foram agrupados em três grupos (baixo impacto, médio impacto, alto impacto), considerando-se empiricamente o grau de impacto em infra-estrutura que cada lote exercia na região onde estava localizado (Figuras 5 a 8).

Em seguida, foi realizada uma análise de Componentes Principais, determinando-se as variáveis que melhor traduzissem características referentes à densidade edilícia e ao grau de verticalização. Neste processo foram eliminadas as variáveis redundantes entre si, e classificadas as mais importantes a partir do cálculo do coeficiente de correlação de cada variável na formação das componentes principais.

3 RESULTADOS

Com o objetivo de descrever as quadras e suas principais características, procedeu-se à análise das variáveis. Com base nos indicadores originais, foram calculadas algumas medidas descritivas com o objetivo de observar como os lotes estavam relacionados pela área metropolitana. Para representar essa informação foram utilizados cartogramas, como apresentam as Figura 5 a 8.

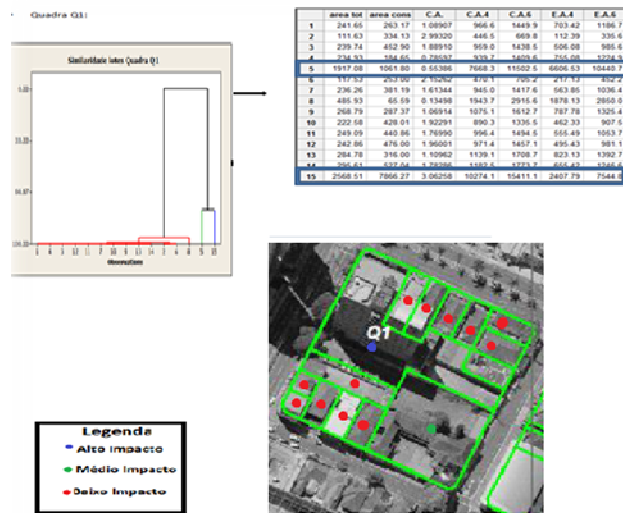


Figura 5. Dendrograma resultante da análise de clusters, cartograma dos lotes (divididos em grupos de similaridade), Quadra Q1.

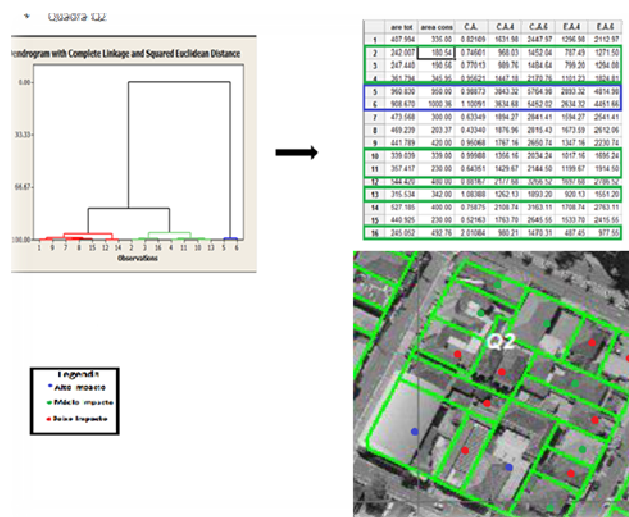


Figura 6. Dendrograma resultante da análise de clusters, cartograma dos lotes (divididos em grupos de similaridade), Quadra Q2.

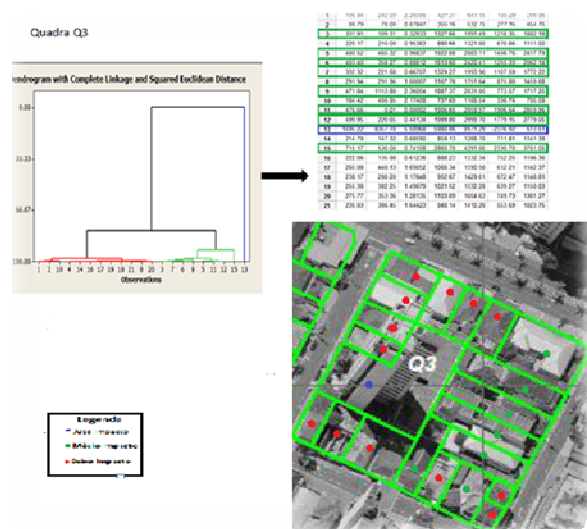


Figura 7. Dendrograma resultante análise de clusters, cartograma dos lotes (divididos em grupos de similaridade), Quadra Q3.

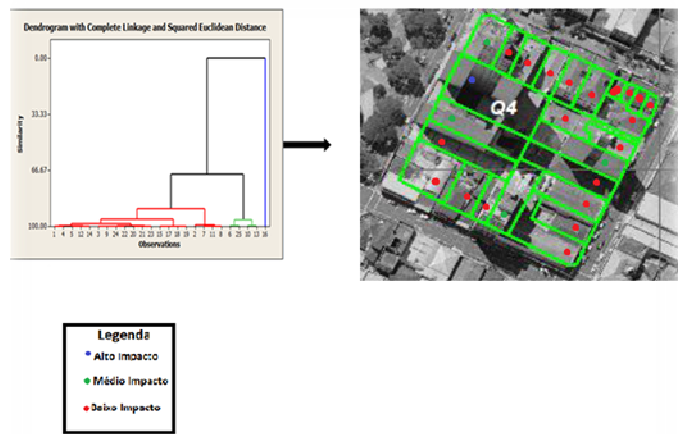


Figura 8. Dendrograma resultante da análise de clusters, cartograma dos lotes (divididos em grupos de similaridade), Quadra Q4.

Com o objetivo de sintetizar as informações provenientes deste conjunto de sete variáveis que descreve características individuais dos lotes, verificando a importância de cada variável, procedeu-se à análise de componentes principais. Para representação das quadras, foram utilizadas as duas primeiras componentes principais, pois nas quatro quadras analisadas, as duas primeiras componentes principais explicavam mais de 90% da variabilidade total das observações. As combinações lineares das variáveis, resultantes das componentes principais mais significativas, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Combinações lineares formadas pelos autovetores da primeira componente principal

Quadras	Componentes	Autovetores
Q1	CP1=0,758	-0,456AL - 0,312AC - 0,037CA - 0,456CA4 - 0,456CA6 - 0,314EA4 - 0,424EA6
Q2	CP1=0,860	-0,428AL - 0,385AC - 0,010CA - 0,428CA4 - 0,428CA6 - 0,380EA4 - 0,398EA6

Q3	CP1=0,652	$0,426AL + 0,455AC + 0,391CA + 0,426CA4 + 0,426CA6 - 0,302EA4 - 0,066EA6$
Q4	CP1=0,698	$0,412AL + 0,449AC + 0,111CA + 0,412CA4 + 0,412CA6 - 0,401EA4 - 0,340EA6$

Tabela 2. Combinações lineares formadas pelos autovetores da segunda componente principal

Quadras	Componentes	Autovetores
Q1	CP2=0,211	$-0,050AL - 0,390AC - 0,796CA - 0,050CA4 - 0,050CA6 + 0,393EA4 + 0,228EA6$
Q2	CP2=0,137	$0,035AL - 0,501AC - 0,824CA + 0,358CA4 + 0,358CA6 + 0,213EA4 + 0,147 EA6$
Q3	CP2=0,350	$-0,240AL + 0,067AC + 0,621CA - 0,240CA4 - 0,240CA6 - 0,405EA4 - 0,768EA6$
Q4	CP2=0,208	$-0,347AL + 0,139AC + 0,493CA - 0,347CA4 - 0,347CA6 - 0,356EA4 - 0,495EA6$

Nas combinações lineares apresentadas nas Tabelas 1 e 2, observa-se que em todas as componentes principais as variáveis Área construída para um CA=4, Área construída para um CA=6 e CA apresentam os mesmos pesos, mostrando serem redundantes. Por isso, as variáveis Área construída para um CA=4 e Área construída para um CA=6 tiveram seus autovetores desconsiderados na representação das componentes principais.

Com o intuito de reduzir ainda mais o espaço amostral foi calculado o coeficiente de correlação de cada variável com a componente principal, retirando da combinação linear aquelas variáveis com pouca contribuição. Foram as excluídas na representação das componentes principais, as demais variáveis que não contribuíam mais do que 10% na formação das componentes. As novas combinações lineares resultantes estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Combinações lineares formadas pelos autovalores mais significativos nos dois componentes principais

Quadras	Componentes	Autovetores
Q1	CP1	$-0,456AL - 0,312AC - 0,314EA4 - 0,424EA6$
Q1	CP2	$-0,500AL - 0,390AC - 0,796CA + 0,393EA4 + 0,228EA6$
Q2	CP1	$- 0,428AL - 0,385AC - 0,380EA4 + 0,398 EA6$
Q2	CP2	$-0,501AC - 0,824CA - 0,213EA4 + 0,147EA6$
Q3	CP1	$0,426AL + 0,455AC + 0,391 CA$
Q3	CP2	$-0,240 AC + 0,262 CA - 0,405EA4 + 0,768 EA6$
Q4	CP1	$- 0,412AL + 0,449AC + 0,111CA - 0,401EA4 - 0,340EA6$
Q4	CP2	$+ 0,347AL + 0,139AC - 0,493CA - 0,356EA4 - 0,499EA6$

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, os cartogramas gerados foram baseados em uma análise espacial e estatística, com o objetivo de conhecer detalhes da área local e também o potencial construtivo das quadras representadas por um conjunto de variáveis. Cada subespaço concorre necessariamente, de forma convergente ou divergente, para a definição do perfil da região. As regiões são caracterizadas segundo a sua estrutura residencial, uma vez que as variáveis utilizadas estão relacionadas às quadras e aos seus lotes.

O reconhecimento e a compreensão dos padrões de diferenciação espacial foram essenciais para descrever o território e o decorrente impacto em infra-estrutura causado pelas edificações. Assim, este trabalho apresenta uma forma de representar cartograficamente, por meio da integração de ferramentas estatísticas, uma gama de relações espaciais que não podem ser notadas em uma simples representação bidimensional.

Discute-se, em especial, a importância de análise de clusters para formação de grupos de lotes com padrões de edificações homogêneos, sendo isto, um importante produto em um planejamento urbanístico. Visto que é essencial o reconhecimento de áreas propícias a causarem impacto na infra-estrutura urbana de uma região, como disponibilização de hospitais, transporte público e saneamento básico. Algumas questões relativas ao tema, infra-estrutura urbana apresentadas por Castilho (2010), também são sanadas na formação de grupos de lotes similares e a esses grupos similares podem ser associados o grau de impacto por eles causado.

Embora, neste trabalho, a caracterização das áreas territoriais tenha sido realizada pela análise de componentes principais, a leitura dos cartogramas e da descrição que os acompanha já remetia a visualização um território marcado por contrastes. A geração das componentes principais foi uma importante ferramenta para detectar as variáveis redundantes para posterior exclusão das mesmas.

REFERÊNCIAS

CASTI, E. Cartographie. In: levy, Jacques; Lussault, Michel (Org). **Dictionnaire de la Géographie et de l' espace des sociétés**. Paris: Belin, 2003 p. 134-135.

CASTILHO, J. R. F. **Disciplina urbanística da propriedade - o lote e seu destino**. 3ª ed. Reformulada, Presidente Prudente: Pillares Ltda., 2010.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 6.ª edição. New Jersey: Prentice Hall. 2007.

MINGOTI, S.A. **Análise de Dados através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

LEVY, J. **Dictionnaire de la Géographie et de l' espace des sociétés**. Paris: Belin, 2003