

A localização urbana na valorização residencial:

Modelos de autocorrelação espacial

João Lourenço Marques¹; Eduardo Anselmo de Castro¹; Arnab Bhattacharjee²

¹Secção Autónoma das Ciências Políticas, Jurídicas e Políticas

² School of Economics and Finance - University of St Andrews

E-mail: jjmarques@ua.pt

Resumo

A teoria, a análise e políticas de habitação têm como âmbito territorial 3 escalas diferenciadas de aplicação, o nível nacional, o regional e o urbano. Em qualquer um destes níveis a análise hedónica de preços tem sido amplamente divulgada, na medida em que permite, com base em modelos de regressão estatísticos, perceber quais os atributos, quer físicos quer locacionais, mais importantes na explicação do preço de um imóvel. Contudo, há uma vasta bibliografia que considera os métodos estatísticos convencionais ineficazes para avaliar modelos de regressão espacial. Com vista a ultrapassar algumas das fragilidades dos modelos hedónicos, este artigo visa apresentar os desenvolvimentos metodológicos de incorporação dos aspectos espaciais nos modelos de avaliação de preços da habitação residencial, bem como apresentar alguns resultados que ilustrem a sua aplicação ao centro urbano de Aveiro.

1.INTRODUÇÃO

O objectivo deste artigo é estudar o mercado da habitação urbana no concelho de Aveiro. São aplicadas metodologias de econometria espacial, de modo a compreender quais, e em que medida, as características da habitação e da sua envolvente contribuem para a explicação do valor patrimonial de um imóvel.

Para que se perceba qual o valor de uma habitação e dos atributos que a compõem, vários métodos são habitualmente utilizados para os quantificar e qualificar. Por um lado, i) *Métodos de avaliação de contingência*, onde através de uma função estimada de utilidade são avaliadas as preferências declaradas das diferentes percepções individuais para uma diversidade de contextos urbanos e habitacionais. Estas percepções decorrem de inquéritos à população e exprimem a opinião sobre os aspectos que mais valorizam numa habitação (numa lógica de “*Consumer Willingness to Pay For Housing Attributes*”). Por outro lado, têm-se os ii) *métodos de avaliações hedónicas e de autocorrelação espacial*, onde se quantificam, através das preferências reveladas, as características da habitação mais relevantes na explicação do seu preço, estas manifestadas pelas escolhas de aquisição de casa. Neste âmbito, a representação do funcionamento do mercado imobiliário é feita com o recurso a modelos econométricos, amplamente difundidos na economia urbana.

A representação do funcionamento do mercado imobiliário, nesta reflexão, é feita com o recurso a modelos econométricos de base territorial (*métodos de avaliações hedónicas e de autocorrelação espacial*).

O princípio básico destes modelos decorre da teoria do consumo de *Lancaster*, no qual refere que a utilidade de um bem deriva das suas propriedades e/ou características. O método hedónico de preços, de acordo com muitos autores, foi introduzido por ANDREW COURT, na década de 30, para a indústria automobilística (GOODMAN, 1998). Posteriormente, esta teoria foi estendida ao mercado habitacional por *Rosen*. Este autor define preços hedónicos como “...*the implicit prices of attributes and are revealed from the observed prices of differentiated products and the specific amounts of characteristics associated with them*” ROSEN (1974, p.34). Considera-se assim, que existe um conjunto de características habitacionais, quer físicas (características tipológicas dos imóveis e do lote), quer de localização (efeitos de proximidade a bairros vizinhos e acessibilidade a bens e serviços) que podem explicar o valor patrimonial de uma habitação, i.e., o preço da habitação é estimado por regressão a partir de um conjunto de atributos.

$$y = X\beta + \varepsilon \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde, y é o valor patrimonial dos imóveis; X são os atributos valorativos da habitação e β são os coeficientes que determinam o peso de cada atributo na valorização habitacional; e ε é o erro, i.e., a componentes não explicada do modelo.

Desde a publicação do artigo de Rosen¹, inúmeros estudos empíricos têm sido desenvolvidos para avaliar as determinantes dos preços da habitação. A importância desta metodologia é justificada pela sua aplicação numa variedade de campos e para uma diversidade de fins [ver BOYLE e KIEL (2001), TAYLOR (2003) e PALMQUIST (2005)].

No entanto, existe uma vasta bibliografia que considera este tipo de modelos ineficazes, por estarem sujeitos a uma série de hipóteses restritivas. Para além da incerteza da escolha das variáveis independentes e/ou explicativas² e da especificação do modelo³

¹ ROSEN, S. (1974). *Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition*. *Journal of Political Economy*. 82, January/February.

² Contudo, existe um consenso quanto às seguintes categorias de variáveis: i) características da casa e do lote; ii) características da vizinhança; e características da localização do imóvel. (TAYLOR, 2008, p.21, BARANZINI et al, 2008).

(linearidade e não linearidade) outros pressupostos são necessários, a normalidade, a independência e a homogeneidade (MARQUES, 2007). Uma outra limitação dos modelos hedónicos é que o valor de uma habitação, definida pelo seu preço, está sujeito, por vezes a autocorrelação espacial. Habitações localizadas numa área próxima tendem a ter preços semelhantes. Tal acontece, porque as unidades de vizinhança possuem características estruturais idênticas (materiais de construção, áreas, anos de construção etc.), partilham serviços locais comuns (parques, escolas, centros de saúde, etc.) e a acessibilidade a centros administrativos, económicos e comerciais são também semelhantes. Por fim, pelo facto de num processo de decisão, cada agente económico (comprador, vendedor ou qualquer representante das partes) levar em linha de conta as questões de vizinhança e utilizar essa informação comparada para a definição do preço do imóvel. Estas questões tornam o espaço territorial um aspecto determinante na explicação do valor de uma habitação. Assim, dadas as características espaciais do mercado da habitação, os modelos tradicionais de avaliação hedónica podem não ser os mais indicados. Neste sentido, para além da especificação tradicional, procura-se incorporar aspectos espaciais na explicação dos preços das habitações, combinando métodos de análise de econometria espacial⁴ (modelos hedónicos e de autocorrelação espacial) com tecnologias de informação geográfica (ArcGis). O modelo será também submetido a uma série de análises de especificação.

2. ECONOMETRIA ESPACIAL

De modo a superar algumas das lacunas dos modelos hedónicos (traduzidos pela equação 1) e permitir avaliar os elementos do território que determinam as preferências de escolha na compra de habitação foram desenvolvidas uma variedade de inovações metodológicas, na área da econometria espacial. Alguns exemplos podem ser encontrados nos seguintes estudos: ANSELIN (1998, 1990); CASSETI (1972); CAN e MEGBOLUGBE (1987); BASU e THIBODEAU (1998); FOTHERINGHAM (1998); BRASINGTON (1999); MULLIGAN (2002).

³ Existem uma panóplia de especificações para explicar a variável dependente: Linear; Forma multiplicativa Log-Log ou Semi-Log; Forma aditiva Log-Log ou Double-Log; Funções Trans-log; Transformação Box-Cox.

⁴ A Econometria Espacial consiste “...of those methods and techniques that, based on a formal representation of structure of spatial dependence and spatial heterogeneity, provide the means to carry out the proper specification, estimation, hypothesis, testing, and prediction for models in regional sciences” (ANSELIN, 1988).

As técnicas econométricas espaciais procuram essencialmente estudar a existência de i) **dependência espacial** e ii) **heterogeneidade espacial**. (ANSELIN, 1988).

i) Dependência Espacial

Esta situação ocorre quando observações de determinado local i dependem de outras observações situadas em outros locais $j \neq i$.

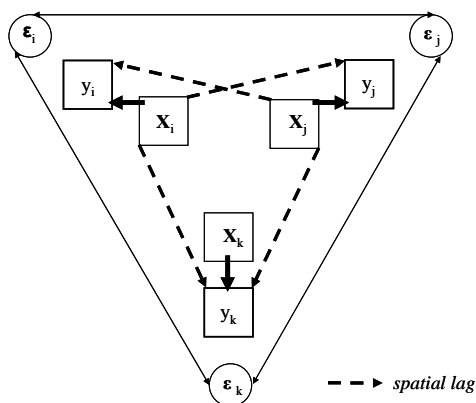
De acordo com ANSELIN (1988) existem duas formas possíveis de avaliar a presença de dependência espacial: através de um modelo que adiciona ao modelo tradicional (equação 1), como regressor, a variável dependente espacialmente desfasada (*spatial lag*) e/ou através de um modelo de autocorrelação nos resíduos (*spatial error*).

- *Dependência espacialmente desfasada ou “spatial lag dependence”* - quando a variável dependente em cada observação é correlacionada com as variáveis dependentes de outras observações localizadas na vizinhança, ou seja, quando o preço de transacção de um imóvel é influenciado pelo preço de transacção de habitações vizinhas (figura 1), e vice-versa. (ANSELIN, 1988, CAN, 1992). Utilizando a equação (1), o modelo de auto-correlação espacial no termo de erro é dado por:

$$y = \rho W_1 y + X\beta + \varepsilon \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde, W é uma matriz espacial de pesos; $W_1 Y$ é a componente autorregressiva espacial que capta os valores médios das observações vizinhas (variável dependente desfasada espacialmente); ρ é o coeficiente auto-regressivo espacial que capta a influência média da unidade vizinha; e ε é o erro. A matriz de pesos ($W_1 y$) procura quantificar a força da relação entre as variáveis em diferentes locais. MEEN (2001).

Figura 1.- Dependência espacialmente desfasada ou *spatial lag*



- *Dependência espacial dos erros* ou “*spatial error model*” - quando o termo do erro em cada local está correlacionado com os valores do erro de outros locais, localizados numa vizinhança próxima (figura 2). A solução é incorporar a dependência espacial através de um termo de erro auto-regressivo na equação (1) dos modelos hedónicos:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

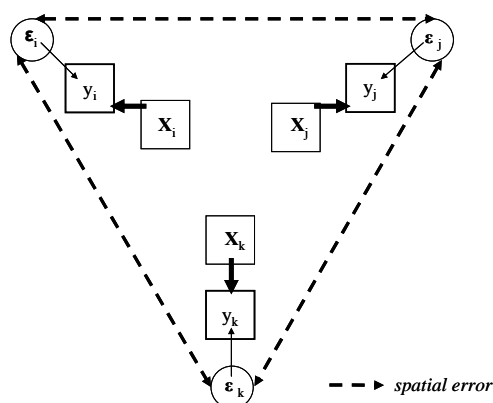
$$\varepsilon = \lambda W_2 \varepsilon + \mu \quad \text{Eq.(3)}$$

Onde, $W_2 \varepsilon$ é o termo de desfasamento espacial do erro (*spatial lagged error term*) arbitrariamente escolhido; λ são os coeficientes autorregressivos estimados; e μ é um vector do erro.

O erro (ε) da equação 2 não é necessariamente ruído branco e pode apresentar uma relação autorregressiva no espaço⁵. A natureza da autocorrelação espacial é determinada por uma segunda matriz de pesos W_2 MEEN (2001).

⁵ Os problemas de estimação e inferência que decorrem da não auto-correlação dos erros são semelhantes aos da heteroscedasticidade.

Figura 2.- Dependência espacial dos erros ou *error lag*



Segundo ANSELIN (1988), um modelo geral para a determinação dos preços de habitação, incluindo efeitos espaciais é definido segundo a equação:

$$y = \rho W_1 y + X\beta + \lambda W_2 \varepsilon + \mu \quad \text{Eq.(3)}$$

$$\mu \sim N(0, \sigma^2 I)$$

A matriz de pesos é um dos aspectos determinantes no estudo dos efeitos espacial do mercado da habitação, geralmente é baseada na contiguidade espacial (*rook* e *queen*) ou em distâncias métricas (*distance decay*)⁶. Estas matrizes têm em cada célula da diagonal principal valores iguais a zero e cada célula W_{ij} igual a zero se i não for vizinho de j ; de outra forma assumem o valor 1.

ii) Heterogeneidade espacial

A existência de heterogeneidade espacial dos preços residenciais é considerada uma potencial fonte de erros de especificação e ocorre quando os parâmetros estimados no modelo de regressão não são constantes ao longo do espaço, conduzindo deste modo a diferenças estruturais nos vários mercados. Se a relação entre variáveis explicativas (atributos físicos da habitação e do lote, e da sua envolvente) e variável explicada varia ao longo do espaço, então pode assumir-se a existência de segmentação de mercados, isto é, as observações mais próximas apresentam relações semelhantes e as que estão mais distantes podem apresentar diferentes relações. O teste econométrico habitualmente usado para avaliar a heterogeneidade espacial é o teste F de Chow, no entanto é possível, através de uma análise indutiva, construir-se modelos específicos

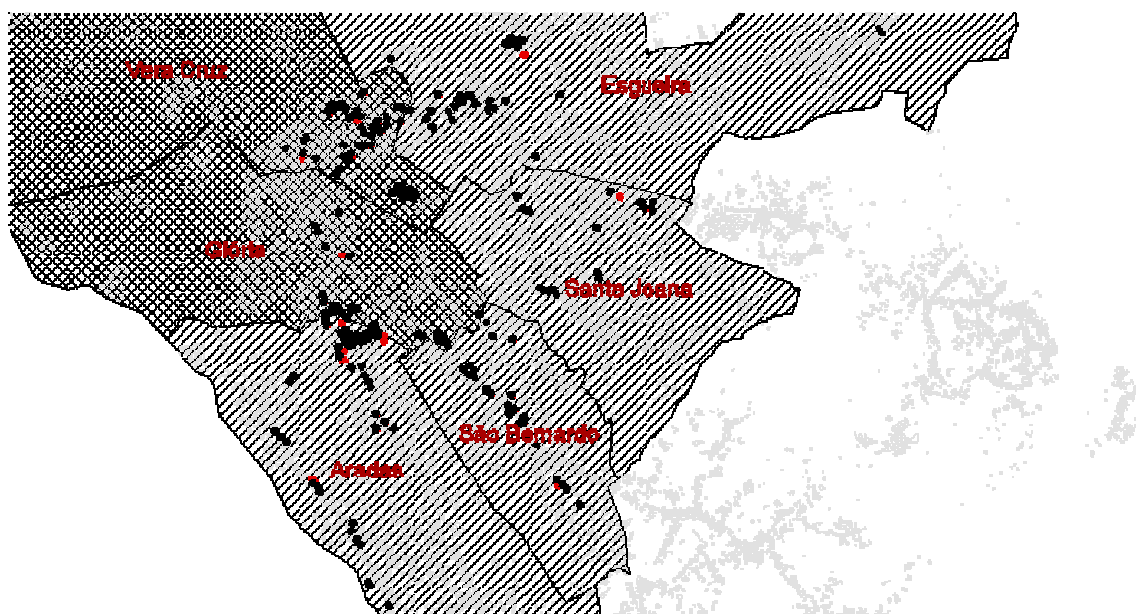
⁶ Para mais informação ver ANSELIN (2005).

para cada mercado habitacional e comparar os respectivos coeficientes de regressão (NELSON, 2008). Se existirem grandes diferenças entre os coeficientes estamos perante uma situação de heterogeneidade espacial, caso contrário não.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise empírica baseia-se numa amostra de 200 imóveis, recolhida a partir das escrituras dos notários, transaccionados em Aveiro no ano de 2005. A distribuição espacial das habitações é apresentada na figura 3, onde cada habitação é representada por um ponto (figura 3).

Figura 3.- Localização dos imóveis seleccionados para a amostra



3.1. Análise descritiva dos dados

Tal como tinha acontecido em estudos anteriores (MARQUES, 2007, 2009), os dados são respeitantes a habitações unifamiliares (6,5%) e plurifamiliares (93,5%), novas (39,5%) e usadas (60,5%), localizadas em diferentes áreas urbanas de Aveiro. São consideradas as freguesias com maior dinamismo habitacional no concelho: freguesias que fazem parte da cidade consolidada de Aveiro, como sejam as freguesias de Vera Cruz e Glória; e freguesias da cidade alargada, como são as freguesias de S. Bernardo, Aradas, Esgueira e Santa Joana. As variáveis recolhidas para a análise são

representativas das características estruturais e de localização das habitações em estudo (quadro 1).

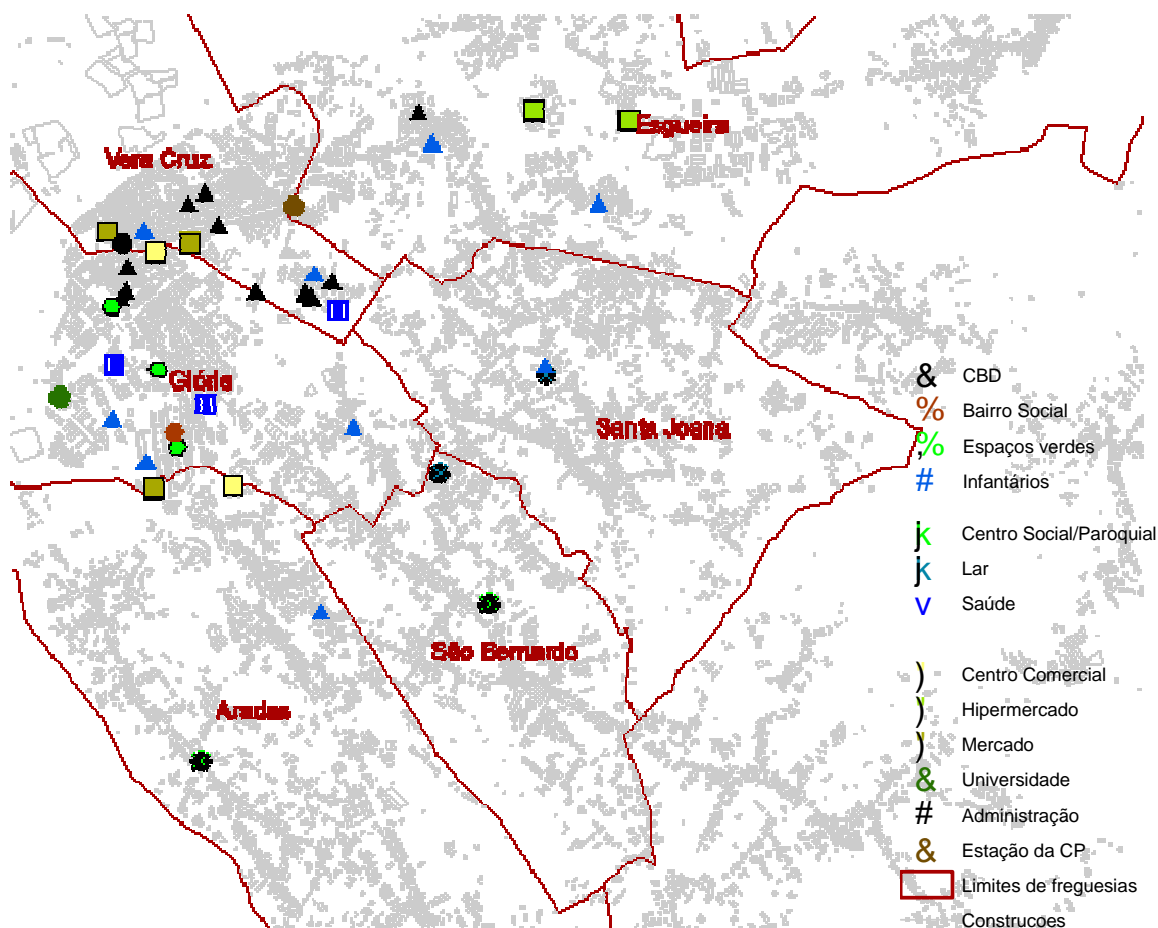
Quadro 1.- Estatísticas descritivas dos atributos físicos e de localização da amostra

Variável	Unidades	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
PREÇO	(Euros)	50000,0	380000,0	113503,8	49963,1
PREÇO_m2	(Euros por m ²)	461,5	3387,1	1184,0	409,4
TIPO	(1:unifamiliar; 2:plurifami.)	1,0	2,0	1,1	0,2
TIPOLOGIA	(1:T1; 2:T2;...5:T5)	0,0	5,0	2,1	1,2
DUPLEX	(1:tem; 2:não tem)	1,0	2,0	1,1	0,3
A.BRUTA	(m ²)	31,0	325,0	104,8	52,2
SOTÃO	(m ²)	0,0	139,0	5,6	18,9
ARREACAD	(m ²)	0,0	71,0	3,5	8,6
VARANDA	(m ²)	0,0	45,0	2,5	5,8
TERRAÇO	(m ²)	0,0	90,0	3,3	11,9
GARAGEM	(m ²)	0,0	55,0	13,9	13,3
PISOS	(número)	0,0	11,0	1,7	1,8
EST_CONSERV	(1:novo; 2:usado)	1,0	2,0	1,6	0,5
IDADE	(anos)	0,0	30,0	4,8	7,1
CBD	(distâncias - metros)	213,0	6525,0	2237,5	1141,2
Estação	(distâncias - metros)	194,0	5312,0	1876,1	1161,0
Universidade	(distâncias - metros)	894,0	7233,0	2376,4	1033,8
Infantário	(distâncias - metros)	1432,0	5449,0	2093,5	614,0
Espaços_verdes	(distâncias - metros)	493,0	6620,0	1976,7	991,2
Saúde	(distâncias - metros)	620,0	6116,0	1842,1	870,9
Ccomercial	(distâncias - metros)	846,0	6357,0	1894,6	921,0
Hipermercado	(distâncias - metros)	815,0	6409,0	3327,7	1203,6
Mercado	(distâncias - metros)	789,0	6519,0	2093,9	981,3
Administração	(distâncias - metros)	700,0	5750,0	1957,2	997,9
Bairro_Social	(distâncias - metros)	84,0	6597,0	1846,3	1027,8
Lares	(distâncias - metros)	1823,0	5124,0	2851,9	660,9
Centro_Social	(distâncias - metros)	2227,0	5288,0	2815,0	406,5

O acesso à informação das características dos imóveis é restrito à disponibilidade de dados no registo e, portanto, limita a escolha das variáveis independentes. Os atributos de localização foram definidos com o recurso a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), no qual foram inventariadas as amenidades urbanas que poderiam ser importantes na valorização (externalidade positiva) ou desvalorização (externalidade negativa) de uma habitação. Posteriormente à identificação destes elementos caracterizadores do território (acessibilidades a equipamentos e serviços) e juntamente com a georreferenciação dos imóveis foi possível construir-se os atributos de localização explicativos do preço da habitação, a partir de distâncias euclidianas (ver figura 4). Contudo, os atributos de localização considerados no modelo explicativo das

habitações em Aveiro, resultaram da combinação das várias distâncias a cada um dos equipamentos e serviços da cidade, através de um potencial de acessibilidade.

Figura 4.- Localização dos equipamentos e serviços considerados para a construção do potencial de acessibilidade



Com base na seguinte equação (4) foi calculado um valor potencial para cada habitação do estudo, e resulta da maior ou menor proximidade a cada um dos atributos de localização. O potencial de acessibilidade é calculado ao nível de cada habitação da amostra da seguinte forma:

$$PA_i = \sum \frac{P_j}{d_{ij}^\alpha} \quad \text{Eq.(4)}$$

Em que:

PA_i é o potencial de acessibilidade da habitação i

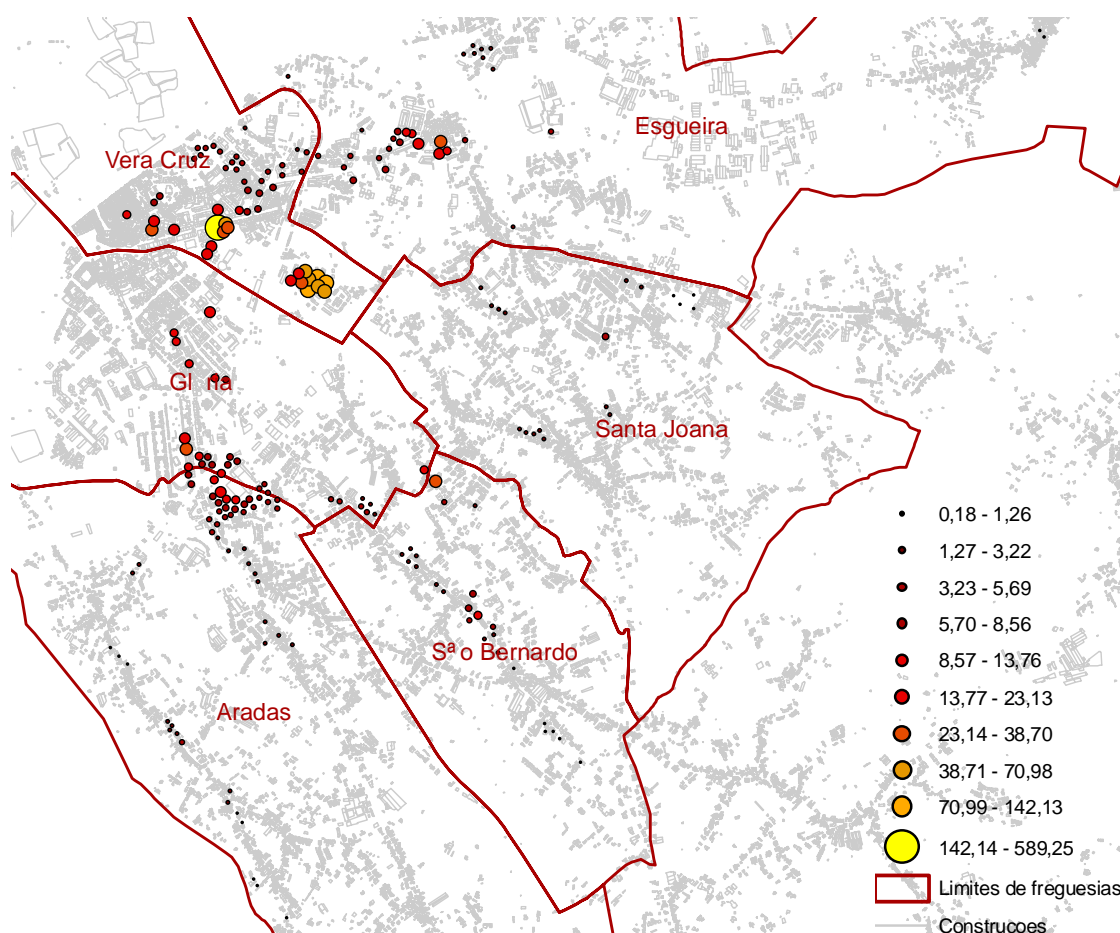
P_j é o peso de cada atribuído a cada equipamento e serviço (foram feito diversos ensaios e optou-se por não fazer qualquer diferenciação nos pesos)

d_{ij} é a distância entre a habitação i e os diversos equipamentos e serviços j ($i=1; 2, \dots, 200$) e ($j=1, 2, \dots, 48$)

α (Alfa) é o coeficiente de atrito da distância (que se assume =2)

De todos os atributos de localização considerados, não foram incluídos no cálculo do modelo gravitacional, a distância ao centro (CBD) e à Universidade, por assumirem um referencial importante na escolha da habitação em Aveiro. Uma vez que não existem pontos geograficamente distribuídos em número suficiente para a definição de isolinhas de potencial, optou-se por utilizar círculos que representam valores de maior (círculos maiores) e menor potencial (círculos menores).

Figura 5.- Potencial de acessibilidade de equipamentos e serviços



Para que se possa compreender a estrutura inicial dos dados são apresentadas algumas estatísticas descritivas, resultantes do software GEODA (ANSELIN, 2005).

Figura 6.- Valor do preço (euros e euros/m²) por localização (cidade e periferia)

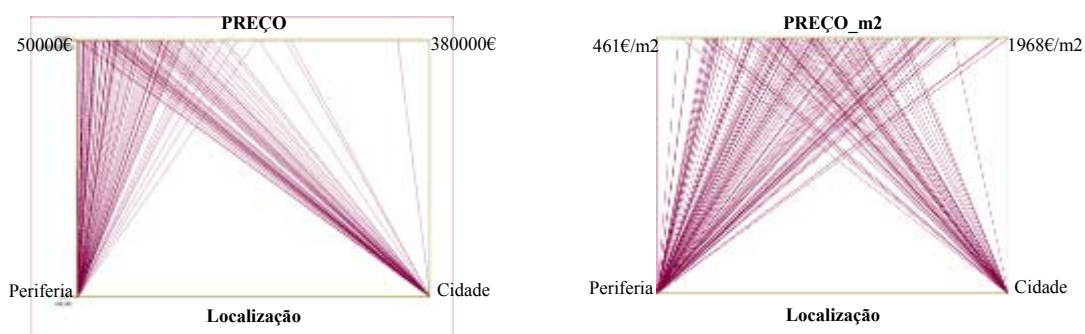


Figura 7.- Valor do preço (euros e euros/m²) por localização (freguesias)

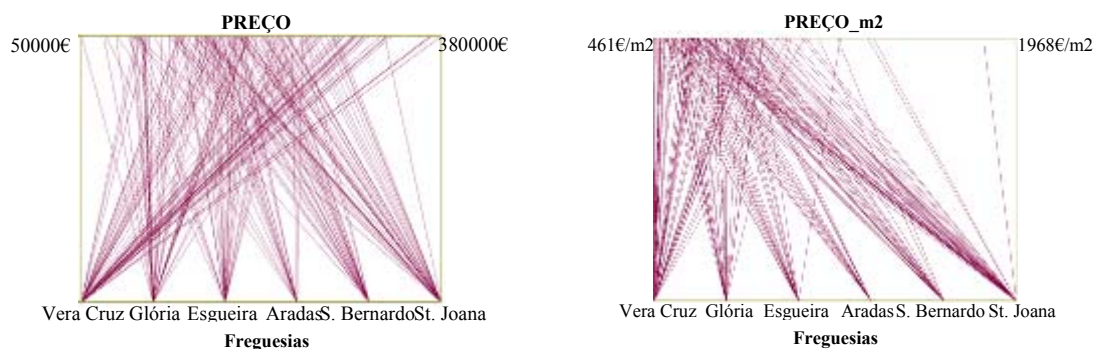


Figura 8.- Dimensão das habitações por localização

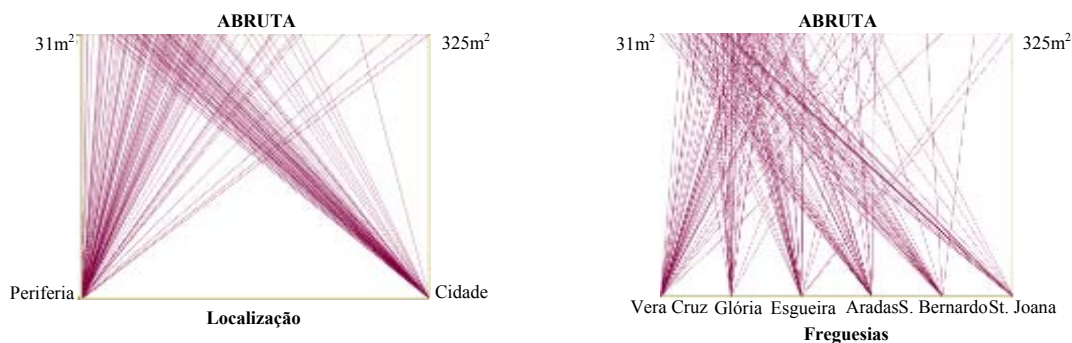
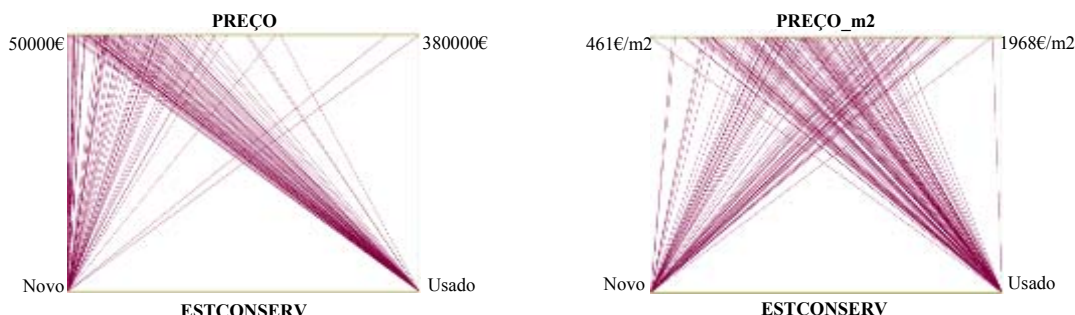


Figura 9.- Valor do preço (euros e euros/m²) segundo o estado de conservação



3.2. Modelo explicativo do valor patrimonial de uma habitação

Neste ponto são apresentados os resultados dos modelos de regressão, pelo método clássico dos mínimos quadrados, onde se procura analisar quais os atributos mais importantes na valorização de uma habitação em Aveiro (quadro 2). Com o objectivo de se avaliar a heterogeneidade espacial é apresentado também, no quadro 3, um modelo semelhante para dois mercados habitacionais. São consideradas 2 áreas de análise: as habitações de localização claramente urbana da cidade consolidada (Glória e Vera Cruz) e habitações localizadas na cidade alargada (restantes freguesias do estudo de localização mais periférica).

Os modelos hedónicos consideram habitualmente como variável dependente o preço de transacção de uma habitação, ou uma transformação dessa variável. De modo a obter-se uma escala neutra de medida foi considerada como variável dependente o preço unitário por metro quadrado (€/m²). Algumas variáveis independentes foram normalizadas, a fim de melhorar a capacidade explicativa do modelo, nomeadamente a área bruta (ABRUTA) e a idade dos edifícios (IDADE), por se considerar que não têm um comportamento linear com o preço unitário de uma habitação. Assim, a utilização do logaritmo da área e da idade é o assumir da existência de efeitos decrescentes à escala.

Quadro 2.- Resultados do modelo inicial (equação 1) – total da amostra

Coeficientes de regressão				
	B	Beta	t	sig.
(Constant)	3131,74		16,19	***
TIPO	-2,53	0,00	-0,04	
TIPOLOGIA	26,97	0,11	1,27	
DUPLEX	153,65	0,13	3,25	***
LnABRUTA	-443,45	-0,73	-7,87	***
SOTÃO	1,80	0,12	2,99	***
ARREACAD	2,38	0,07	1,77	*
VARANDA	-2,25	-0,04	-1,16	
TERRAÇO	0,27	0,01	0,28	
GARAGEM	1,41	0,06	1,49	
PISOS	-2,30	-0,01	-0,32	
LnIDADE	-262,61	-0,43	-9,56	***
CBD	-0,04	-0,16	-2,14	**
UNIVERSIDADE	-0,02	-0,08	-1,06	
POTENCIAL	1,24	0,19	4,69	***
N. observações	186			
R	0.869			
R²	0.755			
R² ajustado	0.735			

***nível de significância de 1%

**nível de significância de 5%

*nível de significância de 10%

O modelo global, incluindo 186 imóveis da amostra, tem uma capacidade explicativa de aproximadamente 75% da variação total nos preços da habitação (€/m²). Foram retiradas da análise 12 habitações por possuírem erros standardizados superiores a $\pm 1,96$.

A principal conclusão a retirar do modelo é que os preços por m² estão intimamente relacionados com a dimensão e características da habitação, bem como alguns aspectos de localização. Nas variáveis que caracterizam os aspectos físicos da habitação e do lote têm um nível significativo alto, a área bruta do imóvel (transformada no seu logaritmo) e o facto de terem ou não terem duplex, sótão e arrecadação. Quanto às variáveis de localização, a proximidade ao centro (CBD) a localização em locais de forte potencial de acessibilidade a serviços e equipamentos são também factores relevantes para caracterizar o preço de uma habitação.

Apesar da discussão detalhada de cada um dos coeficientes do modelo não ser objectivo deste artigo, procura-se analisar de forma ilustrativa, um ou outro aspecto que se considere relevante na explicação do preço habitacional.

De modo geral todos os coeficientes apresentam sinais (positivos e negativos) conforme o esperado. A variável que mede distância ao CDB é negativamente correlacionado com

o preço de venda de uma habitação é altamente significativo. Quer isto dizer que o afastamento ao centro diminui o valor das casas. Por outras palavras, o preço por metro quadrado das casas diminui, em média, 40€, quando a distância aumenta 1km. A área total também apresenta expectavelmente um coeficiente negativo, o mesmo acontece com a variável idade. Assim, o preço por metro quadrado de uma habitação é menor, com efeitos decrescentes à escala, à medida que a área aumenta e o imóvel é mais velho.

Paralelamente a este modelo, foi estimado, com o método *Stepwise*, um outro modelo que procura determinar o preço absoluto da habitação. Considerando como variável dependente o preço da habitação em euros, a capacidade explicativa do modelo é de 0,812 (com um R^2 ajustado de 0,805) O modelo final para a variável preço em valor absoluto é dado pela seguinte função:

$$\text{Preço (€)} = -222994,6 + 72226,9 \text{ Ln (ABRUTA)} + 283,4 (\text{POTENCIAL}) - 28617,7 \text{ Ln (IDADE)} - 7,4 (\text{CBD}) + 27056,6 (\text{DUPLEX}) + 216,0 (\text{SOTÃO})$$

Quadro 3.- Resultados dos modelos para os 2 mercados – cidade e periferia

	Cidade				Periferia			
	Coeficientes de regressão				Coeficientes de regressão			
	B	Beta	t	sig.	B	Beta	t	sig.
(Constant)	2539.30		4.03	***	3328.74		15.70	***
TIPO	-164.42	-0.12	-1.13		88.66	0.07	1.46	
TIPOLOGIA	7.72	0.04	0.19		35.92	0.13	1.43	
DUPLEX	143.98	0.15	1.40		152.53	0.12	2.89	***
LnABRUTA	-298.46	-0.46	-1.91	*	-519.26	-0.86	-8.03	***
SOTÃO	2.39	0.23	2.24	***	1.23	0.07	1.63	
ARREACAD	6.40	0.18	1.87	*	1.85	0.06	1.24	
VARANDA	-1.59	-0.04	-0.41		-1.38	-0.03	-0.64	
TERRAÇO	-1.73	-0.13	-1.32		2.72	0.07	1.70	*
GARAGEM	2.06	0.12	0.90		1.13	0.04	1.05	
PISOS	20.54	0.16	1.41		-6.87	-0.04	-0.73	
LnIDADE	-286.13	-0.62	-5.84	***	-205.27	-0.28	-5.40	***
CBD	0.00	-0.01	-0.04		0.01	0.02	0.22	
UNIVERSIDADE	0.02	0.06	0.55		-0.06	-0.20	-2.50	**
POTENCIAL	0.86	0.28	2.80	***	-2.56	-0.04	-0.76	
N. observações	62				124			
R	0,812				0,915			
R²	0,659				0,836			
R² ajustado	0,557				0,815			

***nível de significância de 1%

**nível de significância de 5%

*nível de significância de 10%

Os modelos apresentados no quadro 3 tiveram como objectivo a análise da heterogeneidade espacial. Os resultados apontam para a existência de particularidade próprias de cada contexto e que conduzem à diferenciação de atributos valorativos de

uma habitação. Mais especificamente, atributos semelhantes são valorizados de maneira diferente em locais distintos. Por exemplo, no centro, os atributos mais significativos são o facto da habitação ter sótão e arrecadação, enquanto que na periferia, ter duplex e terraço são factores mais determinantes para a definição no preço da casa. No caso dos atributos de localização, também existem claras diferenças entre as duas áreas. A razão é explicada pelas especificidades de cada área urbana, na medida em que existe um conjunto de equipamentos e serviços que são próprios de localizações de maior ou de menor centralidade.

3.3.- Ajustamentos espaciais

No ponto anterior foi desenvolvido um modelo explicativo inicial do preço (€/m²) de uma habitação na área urbana do concelho de Aveiro. Procura-se agora verificar a existência de efeitos espaciais no modelo do quadro 2, isto é, avaliar a dependência espacial.

A análise prévia da componente espacial na explicação do valor patrimonial de um imóvel é frequentemente realizada com base nas estatísticas de correlação espacial, testes de Moran (análises em termos globais) e LISA (*Local Indicators of Spatial Association* - análises em termos Locais) (CLIFF e ORD, 1975; ANSELIN, 2005). Este testes são posteriormente complementados por técnicas econométricas de *desfasamento espacial* e *correções espaciais do erro* (eq. 2 e 3).

A estatística I de Moran é especificada segundo a equação:

$$I = \frac{n}{S} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \mu)(x_j - \mu)}{\sum_i (x_i - \mu)^2} \quad \text{Eq.(4)}$$

Onde: **n** é o número de observações; **x_i** e **x_j** são os preços habitacionais (€/m²) na localização **i** e **j** (com média μ); **S** é uma constante e é dada pela soma de todos os pesos espaciais:

$$S = \sum_i \sum_j w_{ij} \quad \text{Eq.(5)}$$

A matriz de pesos tem como finalidade considerar os efeitos espaciais de cada localização **i** e podem ser definidas de diferentes modos, matrizes de contiguidade e vizinhança. Neste estudo foram consideradas diversas matrizes de pesos, tanto de

contiguidade como de distâncias. Os resultados apresentados foram elaborados com base numa matriz de contiguidade (distância de Quenn - figura 10) que produziu um valor de I de Moran igual a 0,1346 (figura 11). Este parâmetro varia de -1 a 1, e tal como um coeficiente de regressão, valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores da vizinhança. Trata-se de um índice que mede a autocorrelação espacial global, o que quer dizer que: é positivo quando valores altos ou baixos do preço de uma habitação tendem a aglomerar-se no espaço; é negativo, quando áreas geográficas tendem a ser delimitadas por vizinhos com valores muito distintos.

Figura 10.- Contiguidade – distância
Queen

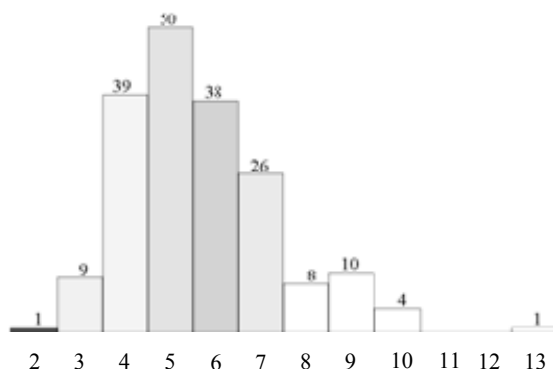
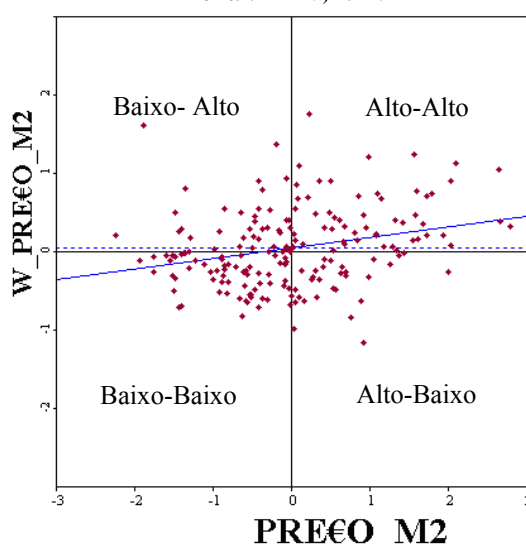


Figura 11. – Dependência espacial global:
Indicador I de Moran

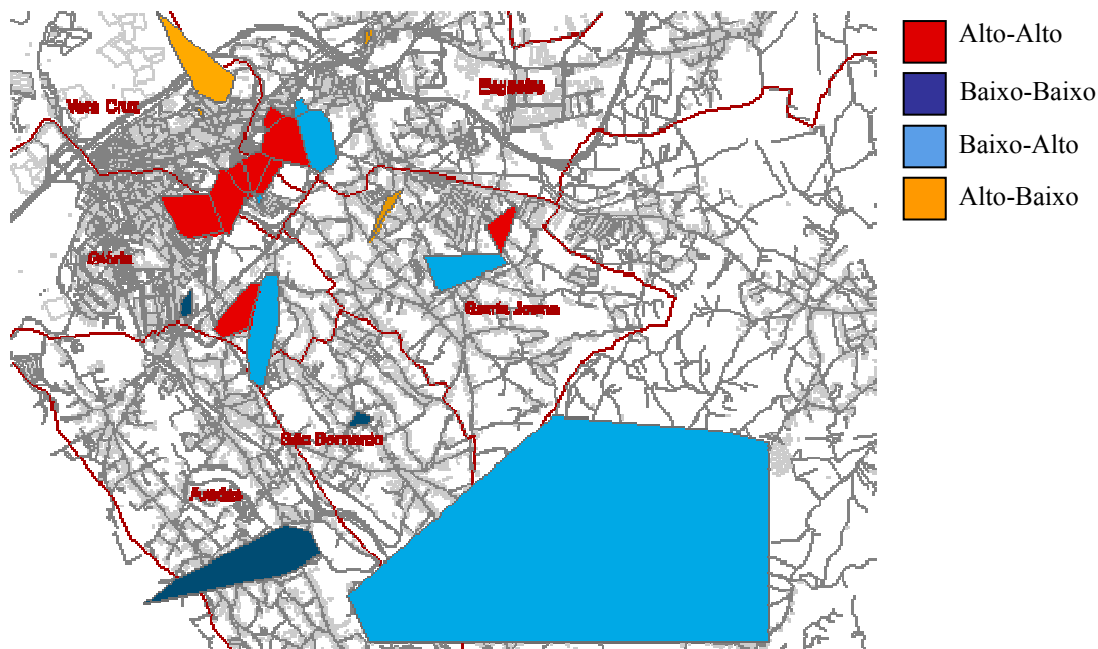
Moran I = 0,1346



Tanto o índice de Moran como os valores de LISA podem ser apresentados esquematicamente em termos espaciais (figura 11 e 12). Ambos traduzem quatro possibilidades de associação espacial: Alto-Alto (preços altos de habitações com vizinhanças que apresentam também valores altos); Baixo-Baixo (preços baixos em habitações que têm vizinhanças que apresentam também valores baixos); Alto-Baixo (habitações com altos valores em que vizinhanças apresentam baixos valores); e Baixo-Alto (habitações com baixos valores em que vizinhanças apresentam altos valores) (ANSELIN, 2005). Como se pode verificar pela figura 12 não existem muitas áreas com valores alto-alto e baixo-baixo, o que denuncia a inexistência de efeitos espaciais na

explicação do preço das habitações em Aveiro. Uma abordagem menos descritiva e mais analítica é realizada em seguida.

Figura 12.- Mapa de Clusters LISA (Distância Queen: Ln_Preço)



De modo a averiguar a existência de efeitos espaciais, e conforme o sugerido por Anselin (1988, 2005), deve-se, em primeiro lugar, estimar um modelo inicial pelos métodos dos mínimos quadrados (equação 1) e só depois testar a existência de dependência espacial através dos dois multiplicadores de Lagrange (*spatial lag* e *spatial error*) e dos respectivos testes robustos.

De modo a facilitar as interpretações, e reduzir o modelo a um número de variáveis estatisticamente significantes, foram efectuados novos ensaios com o método *stepwise*, evitando assim também elevados níveis de multicolinearidade. Os resultados dos 3 modelos são apresentados no quadro 4, modelo da equação 1, 2 e 3.

Quadro 4.-

	Estimação do modelo dos Método dos mínimos quadrados (equação 1)	Estimação do modelo de dependência de espacialmente desfasada (equação 2)	Estimação do modelo de dependência espacial dos erro (equação 3)
	coeficientes		
CONSTANT	2889.08	2853.99	2908.57
DUPLEX	162.05	161.34	161.72
LN_ABRUTA	-379.31	-378.09	-381.31
SOTÃO	2.25	2.21	2.32
LIDADE	-273.23	-271.23	-277.33
CBD	-0.05	-0.05	-0.06
POTENCIAL	1.30	1.31	1.31
Moran's I (erro)	-0,058 (sig.0,254)		
Multiplicador de Lagrange (lag)	0,120 (sig.0.729)		
Teste Robusto LM (lag)	1,931 (sig.0,165)		
Multiplicador de Lagrange (erro)	1.712 (sig.0,190)		
Teste Robusto LM (error)	3,324 (sig.0,060)		
Número de observações	186		
R ²	0,738	0.739	0.744
Log likelihood	-1198,75	-1198,69	-1197,63
Lag coeff.(Rho)		0,025 (sig. 0.719)	
Lag coeff. (Lambda)			-0,208 (sig. 0.101)
Likelihood Ratio test		0,124 (sig. 0.725)	2,242 (sig. 0,134)

Resultados efectuados com o software GEODA (ANSELIN, 2005)

A escolha por uma ou por outra especificação é feita com base no valor de significância de cada um dos testes (*p-values*). Começa-se por analisar o índice de Moran's, onde se este for inferior a 5% concluir-se que não há qualquer efeito espacial envolvido, o que não é o caso. O nível de significância no valor de 0,254 induz à ausência de dependência espacial no modelo inicial. A mesma conclusão é validada para os 2 multiplicadores de Lagrange. Caso existisse algum efeito espacial, o nível de significância inferior a 5% indicaria qual a especificação espacial mais apropriada. Como podemos verificar, e de acordo com os teste de especificação envolvidos, quer o modelo espacial do tipo *lag* quer o do tipo *error* não são estatisticamente significantes (0,729 e 0,190, respectivamente). Pode afirmar-se então que os resíduos e o preço da habitação (por metro quadrado) em Aveiro não possuem qualquer dependência espacial.

Deste modo, o modelo inicial, com base nos critérios apresentados para a equação 1, revela-se uma solução consistente para a explicação do valor das habitações na cidade de Aveiro.

4.CONCLUSÕES

O objectivo deste trabalho foi o de compreender os factores determinantes nos preços da habitação da cidade de Aveiro, através de um modelo hedónico de preços, incidindo sobre o tratamento da heterogeneidade e a dependência espacial nos dados. Várias conclusões importantes emergem desta análise.

Em primeiro lugar, existe uma forte heterogeneidade espacial nas unidades espaciais analisadas, em termos de características físicas e localização. No entanto, segundo a análise de dependência espacial (*spatial lag* e *spatial error*), e com base em várias matrizes de pesos, não existe auto-correlação espacial nem na variável dependente, nem no termo de erro.

No que respeita aos atributos explicativos para o preço da habitação há a referir que, embora a localização seja importante, os atributos da habitação são determinantes para a formação dos preços. O preço, por metro quadrado das casas em Aveiro, é determinado por variáveis relacionadas com, a dimensão da habitação (área total), as características da habitação (idade, a existência de duplex, sótão ou arrecadação) e localização (distância ao centro e potencial de acessibilidade aos diversos equipamentos e serviços existentes na cidade).

O facto das casas terem ou não varanda, terraço ou garagem não é determinante no preço por m², o mesmo acontece com o número de pisos e a tipologia e tipo de habitação.

A falta de informação sobre algumas características físicas da habitação potencialmente importantes, como a qualidade e conforto, talvez tenha limitado a aplicabilidade e utilidade dos resultados. Outras considerações relacionadas com estes e outros factores serão considerados em futuros trabalhos.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho querem expressar o seu reconhecimento à Arq. Ana Catalão pelo trabalho de recolha de informação dos imóveis analisados neste estudo.

REFERÊNCIAS

- Anselin, L., (1988). *Spatial Econometrics, Methods and Models*, Dordrecht: Kluwer.
- Anselin, L., (1990). *Some robust approaches to testing and estimation in spatial econometrics*. Regional Science and Urban Economics, Elsevier, vol. 20(2), pages 141-163, September.
- Anselin, L. and R. Florax, Eds. (1995). *New Directions in Spatial Econometrics*. Berlin, Springer-Verlag.
- Anselin, L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook*. <https://www.geoda.uiuc.edu/pdf/geodaworkbook.pdf>
- Basu, S. and T. Thibodeau, (1998). *Analysis of Spatial Autocorrelation in House Prices*. Journal of Real Estate Finance and Economics, 17:1, 61–85.
- Boyle, K. and K. Kiel (2001). *A survey of house price hedonic studies of the impact of environmental externalities*. Journal of Real Estate Literature 9:2, 117-144.
- Brasington, D. (1999). *Which Measures of School Quality Does the Housing Market Value? Spatial and Non-Spatial Evidence*. The Journal of Real Estate Research 18(3): 395-413.
- Can, A. and I. Megbolugbe, (1997). *Spatial Dependence and House Price Index Construction*. Journal of Real Estate Finance and Economics, 14, 203–22.
- Caseti, E., (1972). *Generation Models by the Expansion Method: Applications to Geography Research*. Geographical Analysis, 4, 81-91
- Cliff, A. D. and Ord, J. K. (1975). *Model Building and the Analysis of Spatial Pattern in Human Geography*. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 37, No. 3 (1975),
- Goodman, C. (1998). *Andrew Court and the Invention of Hedonic Price Analysis*. Journal of Urban Economics 44(2): 291-298.
- Fotheringham, A S, Brunsdon C, Charlton M E, (1998) *Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis*" Environment and Planning A30 1905-1927.
- Marques, J. e Castro, E. (2007). *Avaliação Hedónica da ocupação urbana residencial: uma análise empírica aplicada a um centro urbano, APDR, Açores*.
- Muller, J. and J. Loomis (2008). *Spatial dependence in hedonic property models: Do different corrections for spatial dependence result in economically significant difference in estimating implicit prices?* Journal Agriculture and Research Economics, 33:2, 212-231.
- Mulligan G. F., Franklin R., Esparza A. X., (2002) *Housing prices in Tucson, Arizona*' Urban Geography 23 446-470.

Palmquist, R., K. Maler, et al. (2005). Chapter 16 Property Value Models. Handbook of Environmental Economics, Elsevier. Volume 2: 763-819.

Nelson, J. (2008). *Hedonic Property value Studies of Transportation Noise: Aircraft and Road Traffic*. In Baranzini, A., J., Ramirez, C., Schaerer and P.Thalmann Hedonic Methods in Housing Markets: Pricing Environmental Amenities and Segregation, Springer: 300.

Taylor, L. (2008). *Theoretical Foundations and Empirical Developments in Hedonic Modeling*. In Baranzini, A., J., Ramirez, C., Schaerer and P.Thalmann Hedonic Methods in Housing Markets: Pricing Environmental Amenities and Segregation, Springer: 300.

Rosen, S. (1974). *Hedonic prices and implicit markets: product differentiation pure competition*. Journal of Political Economy, 82, 34-55.