

ANÁLISE DOS VALORES DE VENDA DE BENS IMÓVEIS URBANOS LOCALIZADOS NO BAIRRO MALVÍN, MONTEVIDÉU, URUGUAI, POR MEIO DE INFERÊNCIA ESTATÍSTICA, REGRESSÃO ESPACIAL E GEOESTATÍSTICA

Trabalho de Avaliação

CARLOS ALBERTO PERUZZO TRIVELLONI
MATÍAS GONZALEZ
MATEO VIÑALES

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



IBAPE
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA



IBAPE-PB
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

PATROCÍNIO:

CONFEA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Paraíba



mútua
Caba de Assistência dos Profissionais do Crea

ANÁLISE DOS VALORES DE VENDA DE BENS IMÓVEIS URBANOS LOCALIZADOS NO BAIRRO MALVÍN, MONTEVIDÉU, URUGUAI, POR MEIO DE INFERÊNCIA ESTATÍSTICA, REGRESSÃO ESPACIAL E GEOESTATÍSTICA

RESUMO

O presente trabalho analisa os valores de mercado de ofertas de venda de imóveis urbanos do tipo casas e apartamentos no bairro Malvín, Montevidéu, Uruguai, com ênfase na zona urbana diferenciada de Malvín. Foi utilizada uma abordagem metodológica baseada em regressão múltipla, regressão espacial e técnicas geoestatísticas, a partir de 177 dados extraídos de portais imobiliários, utilizando Google Earth, QGIS e o Cadastro Nacional. Foram identificadas variáveis intrínsecas, como áreas, banheiros, idade, categoria, e variáveis extrínsecas, como a proximidade a vias principais, que afetam o valor dos imóveis. Ao modelar por meio de regressão espacial e geoestatística, obteve-se um mapa do valor de localização. O modelo final apresentou um poder explicativo de 89%, evidenciando que tanto as características físicas do imóvel quanto sua localização influenciam significativamente o preço de venda no mercado. Observou-se uma valorização crescente na região próxima à Rambla e uma depreciação no sentido leste-oeste, associada a condições urbanas e sociais menos favoráveis. O estudo destaca a importância da análise espacial na avaliação imobiliária para compreender a dinâmica do mercado em áreas urbanas.

Palavras-chave: Regressão espacial; Geoestatística; Inferência estatística.

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. EXPOSIÇÃO	5
3.1. CONSTRUÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS AMOSTRAIS	5
3.2. CRIAÇÃO DE VARIÁVEIS	7
3.3. DEPURAÇÃO INICIAL	8
3.4. REGRESSÃO MÚLTIPLA	8
3.4.1. ANÁLISE DA PRIMEIRA REGRESSÃO	9
3.4.2. CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS	9
3.5. GRÁFICO DE DISPERSÃO	9
3.6. SEGUNDA REGRESSÃO	11
3.7. PRUEBAS DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL	11
3.8. MODELO ESPACIAL DO ERROR	12
3.9. HOMOGENEIZAÇÃO DO VALOR	13
3.10. MODELO GEOESTADÍSTICO: VARIOGRAMA Y KRIGEADO	13
3.11. VALOR DE LOCALIZAÇÃO	14
4. RESULTADOS	15
4.1. MODELO DE REGRESSÃO FINAL	15
4.2. ANÁLISE DA REGRESSÃO FINAL	16
5. CONCLUSIONES	18
6. REFERÊNCIAS	19

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo analisar os valores de ofertas de venda de imóveis no bairro Malvín (Figura 1), localizado no departamento de Montevidéu, Uruguai. Em particular, o estudo concentra-se em uma zona urbana específica dentro desse bairro, reconhecida por seu atrativo residencial, sua proximidade com a costa e sua integração com importantes vias de circulação.

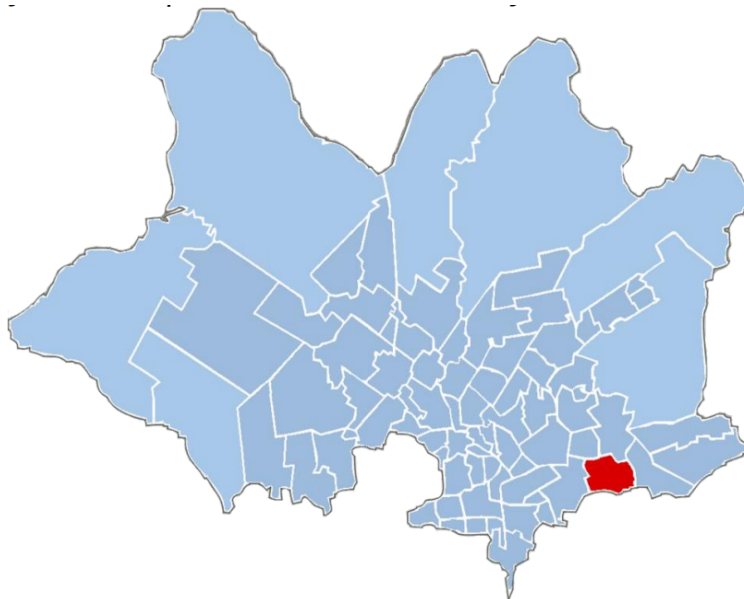


Figura 1: Localização do bairro Malvín dentro de Montevidéu (Wikipedia, 2020)

A pesquisa baseia-se em ferramentas de análise espacial, utilizando técnicas de geoestatística, regressão espacial e regressão múltipla para estudar a distribuição e variação dos valores imobiliários. Os dados utilizados foram coletados em portais web de comercialização de imóveis e complementados com informações provenientes do Google Earth, de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e do Cadastro Nacional. Essa integração permitiu validar localizações, calcular distâncias relevantes e enriquecer a análise por meio da incorporação de variáveis externas às ofertas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar os valores de mercado de venda de bens imóveis urbanos, tanto casas quanto apartamentos, localizados na zona urbana do bairro Malvín, em Montevideu, Uruguai, por meio do uso de ferramentas de regressão múltipla geoestatística e regressão espacial, com o objetivo de compreender como as diferentes características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis influenciam na variação desses valores.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Coletar dados de bens imóveis urbanos localizados na área de estudo, identificando suas características intrínsecas e sua localização espacial.

Definir e construir variáveis explicativas para sua incorporação em modelos de regressão múltipla, avaliando sua influência nos valores de venda.

Aplicar técnicas de geoestatística e regressão espacial para analisar o comportamento do mercado imobiliário na região selecionada.

Identificar e analisar os fatores de localização que impactam a valorização ou desvalorização dos imóveis, explicando sua dinâmica dentro da zona urbana diferenciada de Malvín.

Construir uma variável de localização por meio da homogeneização da amostra, considerando os valores intrínsecos, e modelamento do valor de localização com técnicas geoestatísticas.

3. EXPOSIÇÃO

3.1. CONSTRUÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS AMOSTRAIS

A coleta de dados foi realizada por meio de um procedimento sistematizado, com o objetivo de garantir a coerência e a confiabilidade das informações obtidas sobre os imóveis urbanos incluídos no estudo (Figura 2). A busca inicial foi feita em portais especializados na compra e venda de propriedades, principalmente “Mercado Libre”, complementada com dados dos sites “Infocasas” e “El Gallito Luis”.

Considerando que a localização é uma variável-chave na análise imobiliária, utilizou-se o Google Earth para identificar e georreferenciar cada imóvel, registrando suas coordenadas UTM. A partir dos anúncios, foram extraídas variáveis relevantes, como: preço de venda, valor da taxa de condomínio (em caso de propriedade horizontal), número de quartos e banheiros, posição no edifício, disponibilidade de garagem, entre outras.

No Uruguai, os imóveis são classificados principalmente em duas categorias: como Propriedade Comum, no caso de casas individuais, e como Propriedade Horizontal, quando se trata de edificações com duas ou mais unidades independentes, como apartamentos ou lojas. Esse regime implica que cada unidade é de uso exclusivo do proprietário, enquanto as áreas comuns (como corredores, acessos ou terraços) são de co-propriedade entre todos os titulares. Embora a Propriedade

Horizontal não se limite apenas a apartamentos, neste trabalho foram considerados exclusivamente apartamentos nesse regime.

Para complementar as informações dos imóveis da amostra, foram consultados os dados da Direção Nacional de Cadastro, por meio da busca por número de matrícula, o que possibilitou obter dados como: área do terreno, área construída (em propriedades comuns), área da unidade (em regime horizontal), categoria da construção, estado de conservação e ano de construção.

Todos os valores monetários das ofertas foram padronizados para uma única moeda: dólares americanos.



Figura 2: Localização das amostras e avenidas principais (autoria própria, 2025)

A imagem de satélite apresentada na Figura 2 mostra o bairro Malvín, incluindo a localização georreferenciada das observações obtidas a partir de diferentes portais imobiliários. No mapa, destacam-se, por meio de diferentes cores, as principais avenidas que delimitam e atravessam a área de estudo:

- Ao Norte, em verde, localiza-se a Avenida Italia.
- No sentido sul-norte, em violeta, aparece a rua Concepción del Uruguay.
- No sentido leste-oeste, em azul, está a Avenida General Rivera.
- A oeste do bairro, em amarelo, encontra-se o Boulevard José Batlle y Ordóñez.

Por fim, ao sul, em vermelho, margeando o Rio da Prata, estendem-se a Rambla O'Higgins e a Rambla República de Chile.

Com base no conhecimento prévio da área de estudo, formulou-se a hipótese de uma valorização crescente em direção à costa e uma desvalorização em direção ao norte, associada à presença de assentamentos informais do outro lado da Avenida Italia, conforme já apontado em trabalhos anteriores (Pozzi et al., 2024). Para validar essa hipótese e aprofundar a análise espacial, foi utilizado o software QGIS, em conjunto com dados geoespaciais fornecidos pelo Ministério dos Transportes e Obras Públicas e pela Intendência de Montevideo. Com essas ferramentas, calcularam-se as distâncias de cada imóvel em relação às vias principais de circulação, tais como:

Avenida Italia (ao norte), Batlle y Ordóñez (a leste), a Rambla (ao sul), Rivera (de oeste a leste) e Concepción del Uruguay (de norte a sul), conforme ilustrado na Figura 2.

3.2. CRIAÇÃO DE VARIÁVEIS

Uma vez sistematizados os dados, procedeu-se à estruturação das variáveis necessárias para a análise estatística e espacial (Tabela 1). Definiu-se como variável dependente o valor de venda do imóvel, e foram construídas variáveis independentes que refletem tanto os aspectos físicos do bem quanto as características de seu entorno. Essas variáveis foram codificadas conforme seu tipo (contínua, ordinal ou dicotômica), garantindo sua consistência para uso nos modelos de regressão e geoestatística.

Tabela 1: Variáveis das observações

Nome de variável	Tipo	Descrição
MONTO	Dependente	Valor de oferta dos bens imóveis
GC_DOL	Contínua	Valor da taxa de condomínio para apartamentos, em U\$, 0 se for casa
HAB	Ordinal	Quantidade de quartos, 0 em outro caso
BAÑOS	Ordinal	Quantidade de banheiros, 0 em outro caso
PH	Dicotômica	1 se for Propriedade Horizontal (apartamento), 0 se não
GARAGE	Dicotômica	1 se possuir garagem, 0 se não
AT_PAD_PC	Contínua	Área do terreno em m2 da Propriedade Comum (casa), 0 se não corresponde
AC_PC	Contínua	Área construída em m2 da Propriedade Comum (casa), 0 se não corresponde
AU_PH	Contínua	Área da unidade em m2 da Propriedade Horizontal, 0 se não corresponde
CAT	Ordinal	Categoria da construção: 1-muito boa, 2-boa, 3-média, 4-econômica, 5-muito econômica
EST	Ordinal	Estado de conservação: 1-excelente, 2-bom, 3-regular, 4-ruim, 5-muito ruim.
EDAD	Contínua	Idade da construção, em anos
RAMBLA	Contínua	Distância até a Rambla, em metros
RIVERA	Contínua	Distância até a Avenida Rivera, em metros
ITALIA	Contínua	Distância até a Avenida Italia, em metros
BATLLE	Contínua	Distância até a rua Batlle y Ordóñez, em metros
CONCEP	Contínua	Distância até a rua Concepción del Uruguay, em metros

3.3. DEPURAÇÃO INICIAL

Do total de 185 registros inicialmente coletados, foi realizada uma depuração inicial, eliminando aqueles que não continham as informações completas ou confiáveis para a análise. Como resultado desse processo, obteve-se uma amostra final composta por 177 dados válidos, que foram utilizados nas etapas posteriores do estudo.

3.4. REGRESSÃO MÚLTIPLA

Aplicou-se a técnica de regressão múltipla para modelar a relação entre o valor de venda dos imóveis e diversas variáveis explicativas, tanto intrínsecas quanto extrínsecas, conforme a metodologia originalmente proposta por Rosen (1974). Essa ferramenta, aliada a métodos de inferência estatística, permitiu estimar e avaliar a influência de cada variável sobre o valor de mercado, fornecendo uma base empírica para as análises subsequentes (Dantas, 1998; Peruzzo Trivelloni, 1998; Michael, (2004), Michael et al (2006); Duarte et al., 2022).

Foi realizada uma análise preliminar do comportamento das variáveis independentes com o software livre GeoDa (Anselin, 2003), utilizando como variáveis de localização a distância às principais vias de circulação da área de estudo (Figura 3).

REGRESSION				

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	:	1-DATOS		
Dependent Variable	:	MONTO	Number of Observations:	177
Mean dependent var	:	286118	Number of Variables	: 17
S.D. dependent var	:	141000	Degrees of Freedom	: 160
R-squared	:	0,847721	F-statistic	: 55,6689
Adjusted R-squared	:	0,832493	Prob(F-statistic)	: 0
Sum squared residual	:	5,35858e+11	Log likelihood	: -2183,19
Sigma-square	:	3,34911e+09	Akaike info criterion	: 4400,39
S.E. of regression	:	57871,5	Schwarz criterion	: 4454,38
Sigma-square ML	:	3,02744e+09		
S.E of regression ML	:	55022,2		

Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability

CONSTANT	213586	75763,4	2,81912	0,00542
GC_DOL	27,7601	18,0967	1,53399	0,12701
HAB	16356,4	7006,64	2,33442	0,02082
BAÑOS	42066,5	8302,02	5,06702	0,00000
PH	-99880	31058,4	-3,21587	0,00157
GARAGE	33685,1	11959,6	2,81658	0,00547
AT_PAD_PC	101,071	34,1135	2,96279	0,00351
AC_PC	416,463	115,71	3,59918	0,00043
AU_PH	1036,27	210,842	4,91491	0,00000
CAT	-7412,73	8123,71	-0,912481	0,36289
EST	-7569,78	7827,82	-0,967036	0,33498
EDAD	-445,206	252,895	-1,76044	0,08024
RAMBLA	-137,568	69,521	-1,9788	0,04955
RIVERA	65,594	25,388	2,58366	0,01067
ITALIA	-82,488	69,6897	-1,18365	0,23831
BATLLE	31,0032	7,73842	4,00641	0,00009
CONCEP	32,7612	15,6107	2,09864	0,03742

Figura 3: Primeira regressão múltipla (Autoria própria, software GeoDa, 2025)

O modelo inicial apresentou um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,85$, o que indica um bom nível de ajuste. No entanto, foram identificadas algumas inconsistências que motivaram ajustes posteriores.

3.4.1. ANÁLISE DA PRIMEIRA REGRESSÃO

Na primeira estimativa do modelo, avaliou-se a significância estatística e a coerência dos sinais das variáveis independentes. Os resultados indicaram que a maioria das variáveis foi significativa e apresentou sinais compatíveis com a teoria econômica e imobiliária.

Entre as variáveis mais relevantes destacam-se:

- GC_DOL (valor do condomínio), HAB (quartos), BAÑOS (banheiros), GARAGE (garagem), AT_PAD_PC (área do terreno em propriedade comum), AC_PC (área construída na propriedade comum), AU_PH (área da unidade em propriedade horizontal) e EDAD (idade do imóvel), todas com efeitos significativos e sinais coerentes com seu impacto esperado sobre o valor de venda.
- A variável PH (indicando regime de propriedade horizontal) também foi significativa, com sinal negativo, o que sugere que os imóveis em regime de propriedade comum (casas) tendem a ser mais valorizados.
- Por outro lado, as variáveis CAT (categoria da construção) e EST (estado de conservação) não apresentaram significância adequada nesta primeira regressão.
- As variáveis de localização mostraram-se altamente significativas. Maiores distâncias das avenidas Rivera, Batlle y Ordóñez e Concepción del Uruguay tendem a valorizar o imóvel, o que é coerente devido ao intenso fluxo veicular dessas vias. Em contraste, maiores distâncias da Rambla e da Avenida Italia resultam em desvalorização, sendo o efeito mais acentuado a distância da Rambla, o que está de acordo com a lógica de que áreas próximas à orla são tradicionalmente mais valorizadas — em consonância com Pozzi et al. (2024).

Essa análise inicial permitiu identificar variáveis relevantes para serem mantidas nas etapas posteriores, assim como aquelas que necessitam de revisão ou exclusão por falta de representatividade.

3.4.2. CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

Foi analisada a correlação entre as variáveis do modelo, sendo identificados alguns coeficientes elevados (superiores a 0,65). No entanto, esses valores não geraram inconsistências no modelo, pois correspondem com variáveis de alta significância estatística, que contribuem para melhorar seu desempenho. Por esse motivo, optou-se por não excluir nenhuma delas. As correlações mais relevantes foram as seguintes:

- A variável HAB (quantidade de quartos) apresentou alta correlação com BAÑOS. No entanto, ambas demonstraram elevada significância estatística e seus coeficientes são coerentes com a lógica do mercado, razão pela qual foram mantidas no modelo.
- Foi observada uma forte correlação entre AT_PAD_PC (área do terreno) e AC_PC (área construída), bem como entre AC_PC e AU_PH (área da unidade horizontal). Essas relações já eram esperadas, dada a natureza das variáveis, e não se considerou necessária a exclusão de nenhuma delas.

- A variável EST (estado de conservação) apresentou alta correlação com EDAD, o que é esperado, uma vez que maior antiguidade tende a estar associada a um estado de conservação mais deteriorado. No entanto, como ambas descrevem aspectos distintos do imóvel, decidiu-se mantê-las no modelo.

3.5. GRÁFICO DE DISPERSÃO

Com o objetivo de aprimorar a capacidade explicativa do modelo, foi realizada uma análise dos resíduos seguindo a metodologia sugerida por Dantas (1998). Por meio do diagrama de dispersão dos resíduos em função dos valores estimados, foram identificadas observações atípicas, erros e valores não representativos (Figura 4), os quais se encontram distantes da tendência geral do conjunto de dados. Como resultado, procedeu-se à depuração das observações consideradas inconsistentes, a fim de refinar a qualidade do modelo.

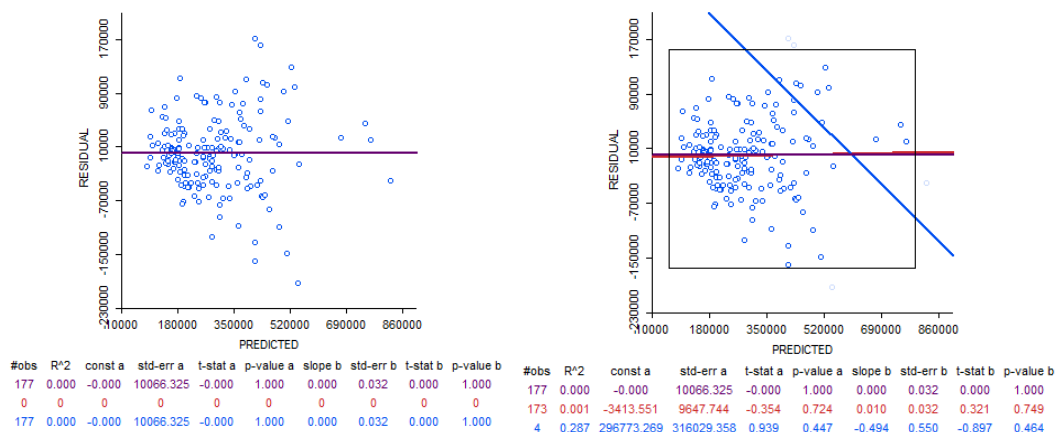


Figura 4: Diagramas de dispersão antes e depois da depuração (autoria própria, software GeoDa, 2025)

Como resultado da análise dos resíduos, foram eliminadas apenas 4 observações que apresentavam desvios elevados em relação ao comportamento geral do modelo, resultando em uma amostra final de 173 dados válidos.

Verificou-se que os registros eliminados correspondiam a valores atípicos ou inconsistentes, sendo removidos os seguintes casos:

- Propriedade comum (casa) com valor de venda de US\$ 780.000. Apresenta um número elevado de banheiros e quartos, porém foram detectadas inconsistências nos dados de área, categoria e estado de conservação. Considera-se um valor de venda excessivamente alto em relação às características observadas.
- Duas propriedades comuns (casas) com valores de venda de US\$ 340.000 e US\$ 280.000. Ambas apresentam características semelhantes, mas se destacam por possuir um número incomumente alto de banheiros e quartos em comparação com o restante da amostra.

- Propriedade horizontal com valor de venda de US\$ 581.000. Embora a categoria e o estado de conservação sejam normais, possui apenas 2 quartos e 1 banheiro, o que é atípico para esse nível de valor.

A amostra final resultante é composta por 173 observações, das quais 137 correspondem a propriedades horizontais (apartamentos) e 36 a propriedades comuns (casas).

3.6. SEGUNDA REGRESSÃO

Foi realizada uma nova regressão para observar o comportamento do modelo e de suas variáveis com a amostra de dados depurada (Figura 4).

Com esse procedimento, estimou-se um novo modelo de regressão (Figura 5), no qual o coeficiente de determinação aumentou para $R^2 = 0,86$, indicando uma melhora na capacidade explicativa do modelo. Todas as variáveis incluídas apresentaram resultados consistentes, tanto em relação à significância estatística quanto ao sinal de seus coeficientes, motivo pelo qual se decidiu prosseguir com a análise sem a necessidade de novos ajustes.

REGRESSION				

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	: 4-Depl			
Dependent Variable	: MONTO	Number of Observations:	173	
Mean dependent var	: 281225	Number of Variables	: 17	
S.D. dependent var	: 135574	Degrees of Freedom	: 156	
R-squared	: 0,861462	F-statistic	: 60,628	
Adjusted R-squared	: 0,847253	Prob(F-statistic)	: 0	
Sum squared residual	: 4,4052e+11	Log likelihood	: -2118,89	
Sigma-square	: 2,82385e+09	Akaike info criterion	: 4271,77	
S.E. of regression	: 53139,9	Schwarz criterion	: 4325,38	
Sigma-square ML	: 2,54636e+09			
S.E of regression ML	: 50461,5			

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability

CONSTANT	212995	69963,2	3,04439	0,00274
GC_DOL	28,5274	16,6225	1,7162	0,08811
HAB	20190,8	6636,71	3,04228	0,00276
BAÑOS	41155,2	7696,84	5,34702	0,00000
PH	-90431,6	29714	-3,0434	0,00275
GARAGE	32274,1	10987,6	2,93733	0,00381
AT_PAD_PC	99,3755	31,4907	3,15571	0,00192
AC_PC	467,737	110,973	4,21488	0,00004
AU_PH	917,405	195,509	4,6924	0,00001
CAT	-11213,6	7599,24	-1,47562	0,14206
EST	-9697,42	7227,33	-1,34177	0,18162
EDAD	-354,484	235,901	-1,50268	0,13494
RAMBLA	-119,435	64,0675	-1,8642	0,06417
RIVERA	53,3681	23,6397	2,25756	0,02536
ITALIA	-73,7033	64,2007	-1,14801	0,25272
BATLLE	29,7395	7,16899	4,14836	0,00005
CONCEP	27,8274	14,5253	1,91579	0,05722

Figura 5: segunda regressão múltipla (autoria própria, software GeoDa, 2025)

3.7. PRUEBAS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

De acordo com as recomendações de Anselin (1999 e 2002), Dantas et al (2002), Dantas (2003), Dantas et al (2003), dentre outros, foram calculados os testes de autorrelação espacial nos resíduos do modelo de regressão múltipla. Os resultados podem ser observados na Figura 6.

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	-0,0286	0,0586	0,95323
Lagrange Multiplier (lag)	1	0,4225	0,51569
Robust LM (lag)	1	0,1447	0,70365
Lagrange Multiplier (error)	1	0,3613	0,54781
Robust LM (error)	1	0,0835	0,77267
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	0,5060	0,77648

Figura 6: Resultados dos testes de autocorrelação espacial realizados (autoria própria, software GeoDa, 2025)

Os resultados obtidos nos testes de autocorrelação espacial mostraram que não foram significativos, o que evidencia que o modelo de regressão múltiplo utilizado é adequado para analisar a variação dos valores de venda dos imóveis. No entanto, ainda é possível aprimorá-lo por meio da realização de uma série de etapas adicionais, utilizando-se a Regressão Espacial e a Geoestatística, de forma combinada (Peruzzo Trivelloni, 2005; Peruzzo Trivelloni e Hochheim, 2006).

3.8. MODELO ESPACIAL DO ERROR

O primeiro passo para análise espacial do valor é a estimação do modelo espacial do erro apenas com as variáveis intrínsecas dos imóveis, com o intuito de homogeneizar os valores. Este modelo espacial incorpora a dependência espacial no termo de erro espacial do modelo de regressão, ou seja, assume que os erros em uma observação estão correlacionados com os erros das observações vizinhas. Na avaliação de bens imóveis, é comum que propriedades próximas compartilhem características não observadas, como a qualidade do entorno ou a oferta de serviços urbanos, o que gera autocorrelação espacial nos erros. Esse método considera a influência da localização geográfica e como ela pode afetar o valor dos imóveis (Anselin, 1999; Dantas et al., 2002; Marisco e Hochheim, 2021; Pozzi et al., 2024).

Dessa forma, foi criada a matriz de pesos espaciais e realizada a regressão mencionada anteriormente (Figura 7), considerando apenas as variáveis não locais, o que resultou em uma explicação satisfatória do modelo e uma significância adequada das variáveis utilizadas.

REGRESSION				
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION				
Data set	: 4-Depl			
Spatial Weight	: 5-Peso			
Dependent Variable	: MONTO	Number of Observations:	173	
Mean dependent var	: 281225,231214	Number of Variables	: 12	
S.D. dependent var	: 135573,819098	Degrees of Freedom	: 161	
Lag coeff. (Lambda)	: 0,296928			
R-squared	: 0,840625	R-squared (BUSE)	: -	
Sq. Correlation	: -	Log likelihood	: -2132,451115	
Sigma-square	: 2,92935e+09	Akaike info criterion	: 4288,9	
S.E of regression	: 54123,5	Schwarz criterion	: 4326,74	
Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
CONSTANT	164573	42430	3,87869	0,00011
GC_DOL	36,5409	16,4021	2,22782	0,02589
HAB	22135	6524,14	3,39278	0,00069
BAÑOS	47565,1	7606,14	6,25352	0,00000
PH	-66083,9	29021,2	-2,27709	0,02278
GARAGE	35852	10843,7	3,30624	0,00095
AT_PAD_PC	109,334	31,0332	3,52313	0,00043
AC_PC	452,059	108,637	4,1612	0,00003
AU_PH	738,747	195,019	3,78807	0,00015
CAT	-11335	7568,02	-1,49775	0,13420
EST	-10283,9	7184,29	-1,43145	0,15230
EDAD	-304,757	233,418	-1,30563	0,19168
LAMBDA	0,296928	0,106236	2,79499	0,00519

Figura 7: Regressão do Modelo Espacial do Erro (autoria própria, software GeoDa, 2025)

3.9. HOMOGENEIZAÇÃO DO VALOR

A variável dependente MONTO foi homogeneizada por meio dos coeficientes das variáveis não locativas do modelo espacial do erro, gerando assim um valor de depende exclusivamente da localização dos imóveis e dos erros existentes no modelo. Esse procedimento de homogeneização do valor é necessário como passo prévio para a aplicação posterior da interpolação geoestatística. (Chica Olmo, 1994).

Com os coeficientes obtidos no modelo do erro espacial, a variável MONTO foi homogeneizada considerando as variáveis não locativas, que são: GC_DOL, HAB, BAÑOS, PH, GARAGE, AT_PAD_PC, AC_PC, AU_PH, CAT, EST e EDAD. O cálculo é realizado da seguinte forma:

$$MONTO \text{ HOMOGENEIZADO} = MONTO - a_1 * x_1 - a_2 * x_2 - \dots - a_n * x_n$$

$$a_n = \text{coeficientes de MEE}$$

$$x_n = \text{variables utilizadas en MEE}$$

$$\begin{aligned} MONTO \text{ H} = MONTO &- (36.5409) * GC_DOL - (22135) * HAB - (47565.1) * BAÑOS \\ &- (-66083.9) * PH - (35852) * GARAGE - (109.334) * AT_PAD_PC \\ &- (452.059) * AC_PC - (738.747) * AU_PH - (-11335) * CAT \\ &- (-10283.9) * EST - (-304.757) * EDAD \end{aligned}$$

3.10. MODELO GEOESTADÍSTICO: VARIOGRAMA Y KRIGEADO

A partir da variável MONTO H, será estimado o valor de localização por meio do método de interpolação por krigagem (Chica Olmo, 1994). Esse procedimento

baseia-se na análise do variograma experimental, que reflete a variação da dispersão da variável em função da sua localização espacial.

Com base nesse variograma, é construído um variograma teórico que se ajusta ao experimental, com o objetivo de representar de forma mais precisa e contínua a dependência espacial dos dados. O modelo teórico adotado é composto por um variograma esférico complementado pelo efeito pepita, cujas características foram calibradas pelo método dos mínimos quadrados (Figura 8).

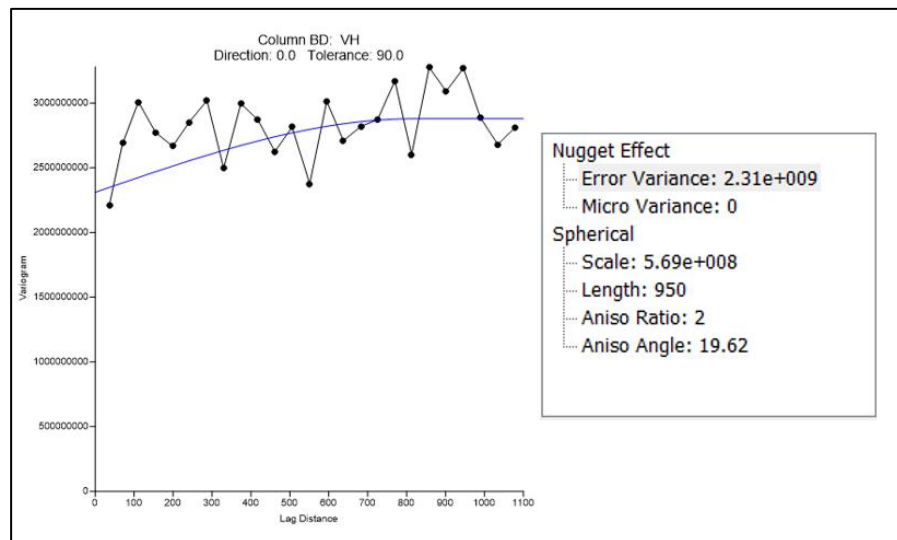


Figura 8: Variogramas e características (autoria própria, software Surfer demo 12, 2025)

3.11. VALOR DE LOCALIZAÇÃO

Realiza-se a interpolação por krigagem da variável Valor Homogeneizado em blocos quadrados com lados de 150 metros, resultando no mapa de isolinhas correspondente ao valor de localização (Figura 9).

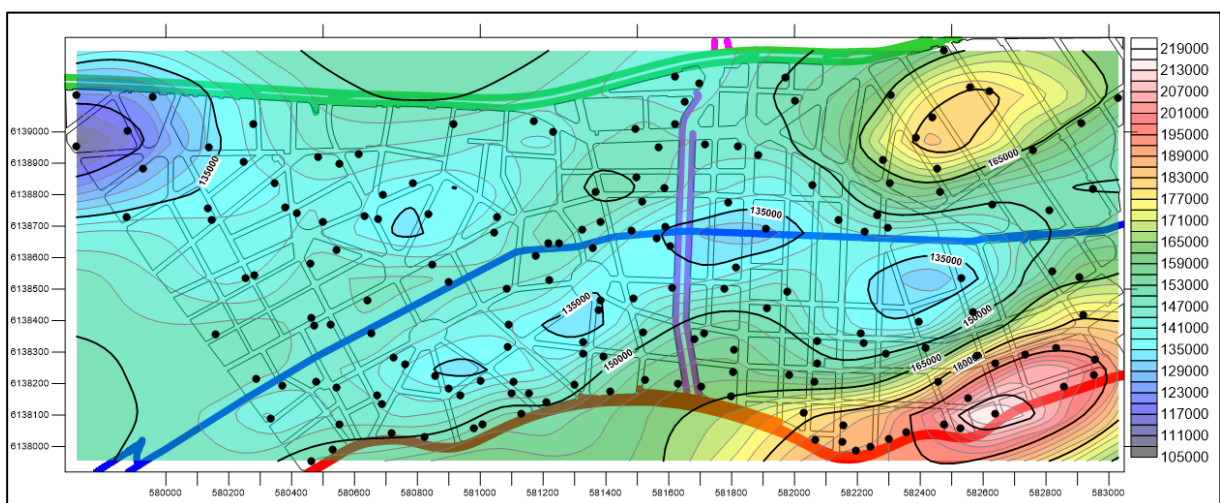


Figura 9: Isolinhas do Valor de Localização (autoria própria, software Surfer demo 12, 2025)

Analisando a figura anterior, observam-se variações no valor de localização. Com relação às zonas mais valorizadas segundo a escala, destaca-se a área adjacente à Rambla, especialmente na direção sudeste, como a de maior valor, o que coincide com a hipótese apresentada no início. Nessa área, registra-se um valor máximo de US\$ 220.000, que diminui progressivamente em seu entorno. Também se observa um aumento significativo no valor de localização no Nordeste, atribuído à presença de construções novas.

Quanto às zonas menos valorizadas, estas localizam-se ao longo do eixo oeste-leste correspondente à Avenida Rivera, provavelmente devido à poluição sonora gerada por sua condição de via de alta circulação, assim como pela presença de algumas praças e consequentes fatores ambientais de segurança noturna. Nesse setor, atingem-se valores mínimos em torno de US\$ 115.000. Ademais, identifica-se uma marcada depreciação na região noroeste, particularmente na interseção da Avenida Itália com a Avenida Solano López (limite da zona diferenciada), influenciada pela alta concentração de atividade comercial.

Em termos gerais, o valor de localização aumenta notavelmente ao longo de toda a Rambla, e também em direção ao leste, onde se encontra o bairro Punta Gorda, caracterizado como uma zona residencial de alta categoria, o que reforça a coerência da análise.

Nas demais áreas, os valores mantêm-se em uma faixa coerente, entre US\$ 140.000 e US\$ 160.000.

4. RESULTADOS

4.1. MODELO DE REGRESSÃO FINAL

Com a variável de localização já calculada, procede-se à realização da regressão final. Para este caso, as variáveis intrínsecas são discriminadas conforme o regime de propriedade, ou seja, se são de propriedade horizontal (apartamentos) ou propriedade comum (casas). Consequentemente, as variáveis HAB, BAÑOS e GARAGE serão discretizadas de forma diferenciada para cada tipo, por meio de variáveis de interação (Dantas, 1998). Além disso, incorpora-se a variável correspondente à disposição em planta do imóvel no caso dos apartamentos, pois considera-se que o valor de mercado pode variar em função da sua localização dentro do edifício (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição das novas variáveis utilizadas na última regressão

Nome de variável	Tipo	Descrição
HAB_PH	Ordinal	Número de quartos em propriedade horizontal, 0 em outro caso
HAB_PC	Ordinal	Número de quartos em propriedade comum, 0 em outro caso
BA_PH	Ordinal	Número de banheiros em propriedade horizontal, 0 em outro caso
BA_PC	Ordinal	Número de banheiros em propriedade comum, 0 em outro caso
GAR_PH	Dicotômica	1 se a propriedade horizontal tiver garagem, 0 em outro caso
GAR_PC	Dicotômica	1 se a propriedade comum tiver garagem, 0 em outro caso
DISP_PH	Ordinal	Disposição em planta da propriedade horizontal: 1 - frontal para a rua, 2 - fundos e 3 - interno

Com essas novas variáveis, a nova variável de localização (VL) e o restante das variáveis intrínsecas do imóvel, calcula-se pela última vez a regressão múltipla (Figura 10).

REGRESSION				
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	: valor_homogeneos			
Dependent Variable	: MONTO	Number of Observations	: 173	
Mean dependent var	: 281225	Number of Variables	: 15	
S.D. dependent var	: 135574	Degrees of Freedom	: 158	
R-squared	: 0,891897	F-statistic	: 93,1117	
Adjusted R-squared	: 0,882318	Prob(F-statistic)	: 0	
Sum squared residual	: 3,43745e+11	Log likelihood	: -2097,43	
Sigma-square	: 2,1756e+09	Akaike info criterion	: 4224,86	
S.E. of regression	: 46643,4	Schwarz criterion	: 4272,16	
Sigma-square ML	: 1,98697e+09			
S.E. of regression ML	: 44575,4			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	-169118	42389,9	-3,98959	0,00010
GC_DOL	35,0587	14,2288	2,46393	0,01481
HAB_PH	15572,6	6889,46	2,26035	0,02517
HAB_PC	24328	9746,19	2,49615	0,01358
BA_PH	52171,1	7775,17	6,70996	0,00000
BA_PC	28618	12243,1	2,33747	0,02067
DISP_PH	-8421,64	7263,17	-1,1595	0,24800
GAR_PH	29958,4	9686,96	3,09265	0,00235
GAR_PC	102876	33896,1	3,03505	0,00281
AT_PAD_PC	100,521	27,2776	3,6851	0,00031
AC_PC	538,858	111,755	4,82178	0,00000
AU_PH	734,562	180,6	4,06734	0,00007
CAT	-11019,6	6793,85	-1,622	0,10680
EST	-11432,6	5093,82	-2,2444	0,02620
VL	1,83816	0,207305	8,86694	0,00000

Figura 10: Regressão Final (autoria própria, software GeoDa, 2025)

4.2. ANÁLISE DA REGRESSÃO FINAL

O modelo final obtido apresenta um coeficiente de determinação $R^2 = 0,89$, representando um aumento considerável em relação aos modelos anteriores. Observa-se que todas as variáveis são explicativas e apresentam coeficientes com sinais coerentes.

- GC_DOL (Despesas Comuns): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda em relação ao coeficiente de US\$ 35,087.
- HAB_PH (Quartos em Propriedade Horizontal): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 15.572,6 para cada quarto do imóvel.
- HAB_PC (Quartos em Propriedade Comum): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 24.328 para cada quarto do imóvel.
- BA_PH (Banheiros em imóveis de Propriedade Horizontal): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 152.171,1 para cada banheiro do apartamento.
- BA_PC (Banheiros em imóveis de Propriedade Comum): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 28.618 para cada banheiro do imóvel.
- DISP_PH (Disposição em Propriedade Horizontal): significativa, sinal negativo correto, segundo a escala estabelecida (quanto maior o índice, menor o valor de venda), implica uma diminuição proporcional de US\$ 8.421,64 para cada posição do imóvel.
- GAR_PH (Garagem em imóveis de Propriedade Horizontal): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 29.958,8 caso o apartamento possua garagem.
- GAR_PC (Garagem em imóveis de Propriedade Comum): significativa, sinal positivo correto, implica um aumento no valor de venda de US\$ 102.876 caso a casa possua garagem.
- AT_PAD_PC (Área Total do Terreno em regime de propriedade comum): significativa, sinal positivo correto, maior área do padrão representa maior valor de venda, segundo coeficiente de US\$ 100,521.
- AC_PC (Área Construída em regime de propriedade comum): significativa, sinal positivo correto, maior área construída representa maior valor de venda, segundo coeficiente de US\$ 538,858.
- AU_PH (Área da unidade em regime de propriedade horizontal): significativa, sinal positivo correto, maior área do apartamento representa maior valor de venda, proporcional ao coeficiente de US\$ 734,562.
- CAT (Categoria da construção): significativa, sinal negativo correto, segundo a escala estabelecida (quanto maior o índice, pior categoria), implica uma diminuição proporcional a US\$ 11.019,6 a cada categoria.
- EST (Estado de conservação): significativa, sinal negativo correto, segundo a escala estabelecida (quanto maior o índice, pior estado de conservação), implica uma diminuição proporcional a US\$ 11.432,6.
- VL (Valor de localização): significativa, sinal correto.
- EDAD, não foi incluída na última regressão porque não alcançou um nível adequado de significância (0,52). Além disso, sua relevância é limitada, já que apresenta um coeficiente que diminui o valor do imóvel

em aproximadamente US\$ 130 por ano, um impacto baixo que não influencia significativamente o modelo.

5. CONCLUSIONES

Os resultados obtidos no presente estudo são considerados altamente satisfatórios, evidenciando um elevado poder explicativo do modelo aplicado. O coeficiente de determinação alcançou o valor de $R^2 = 0,89$, indicando que o modelo consegue capturar de forma eficiente a variabilidade do valor de oferta de venda dos imóveis na região.

Todas as variáveis incorporadas ao modelo apresentaram resultados coerentes e estatisticamente significativos, sugerindo que tanto os fatores intrínsecos, relacionados às características físicas do imóvel, quanto os extrínsecos, vinculados ao entorno e à localização, foram adequadamente representados.

A variável de localização confirma-se como um componente-chave na explicação do modelo. A análise espacial do valor de localização revela áreas com valores significativamente mais altos nas proximidades da Rambla de Malvín, o que pode ser atribuído à qualidade do entorno urbano, à disponibilidade de serviços, à boa iluminação e às vistas privilegiadas para o mar. Também se destaca um aumento no valor de localização ao sul da Avenida Itália.

Ademais, observa-se uma tendência crescente nos valores em direção ao leste da área de estudo, em razão da proximidade com o bairro Punta Gorda, caracterizado por seu perfil residencial de alta categoria e sua consolidação urbana. Essa proximidade parece exercer influência positiva sobre os valores de oferta nos setores adjacentes.

Em contraste, as áreas de menor valor de localização concentram-se em torno da Avenida Rivera, uma via de alta circulação veicular associada a maiores níveis de poluição sonora e visual, além de uma dinâmica urbana mais densa. Igualmente, identifica-se uma queda nos valores ao noroeste da área de estudo, coincidindo com zonas de forte atividade comercial, cuja intensidade pode reduzir o apelo residencial.

O restante do território apresenta relativa estabilidade nos valores de localização, com montantes que oscilam entre US\$ 140.000 e US\$ 170.000, sugerindo certa homogeneidade nas condições urbanísticas, de infraestruturas e ambientais que influenciam o mercado imobiliário nessas áreas.

Em conclusão, reafirma-se que tanto as variáveis intrínsecas quanto as extrínsecas desempenham papel determinante na configuração do valor de venda dos imóveis no bairro Malvín. A integração de fatores estruturais com aspectos de localização e contexto urbano permitiu construir um modelo robusto, coerente com a lógica do mercado e com alto poder preditivo.

6. REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics**. Discussion paper. Bruton Center, School of Social Sciences, University of Texas at Dallas, 1999.

ANSELIN, L. **Under the Hood. Issues in the Specification and Interpretations of Spatial Regression Models**, *Agricultural Economics*, vol.27, Issue 3, pp 247-267, 2002.

ANSELIN, L. **GeoDa 0.9 User's Guide**. Spatial Analysis Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2003.

CHICA OLMO, J. **Teoría de las Variables Regionalizadas. Aplicación en Economía Espacial y Valoración Inmobiliaria**. Ed. Universidad de Granada, 1994.

DANTAS, R. A. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica**. Ed. Pini, 1998.

DANTAS, R. A., MAGALHÃES, A. M., ROCHA, F. J. S. **La importancia de la regresión espacial en la tasación inmobiliaria**. I Congreso Internacional en Tasación y Valoración. Valencia, 2002

DANTAS, R. A. **Modelos Espaciais aplicados ao Mercado Habitacional**. Um Estudo de Caso para a Cidade do Recife. Tese de Doutorado em Economia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

DANTAS, R. A., MAGALHÃES, A. M., VERGOLINO, J. R. de O. **Modelos Espaciais aplicados ao Mercado de apartamentos do Recife**. XII COBREAP Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Belo Horizonte, 2003.

DUARTE, L. S.; HOCHHEIM, N; REGINATO, V. S. C. **Regressão Linear Múltipla Aplicada em Avaliação Imobiliária. Estudo de caso na área central de Florianópolis**. Concilium (Brasil) Vol. 22, Nº 6, 2022.

MICHAEL, R. **Avaliação em Massa de Imóveis com Uso de Inferência Estatística e Análise de Superfície de Tendência**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MICHAEL, R.; HOCHHEIM, Norberto; PERUZZO TRIVELLONI, C. A. **Avaliação em massa de imóveis com uso de Inferência Estatística e Análise de Superfície de Tendência**. XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Fortaleza, 2006.

PERUZZO TRIVELLONI, C. A. **Metodologia para Avaliação em Massa de Apartamentos por Inferência Estatística e Técnicas de Análise Multivariada Uma Análise Exploratória**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998

PERUZZO TRIVELLONI, C. A. **Método para determinação do valor de localização com uso de técnicas inferenciais e geoestatísticas na avaliação em massa de imóveis**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

PERUZZO TRIVELLONI, C. A.; HOCHHEIM, Norberto. **O valor de localização dos imóveis: determinação por métodos de Análise Espacial**. XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações, Fortaleza, Brasil, 2006.

POZZI VAZQUEZ, A. C.; GARCÍA OVIEDO, J.; PERUZZO TRIVELLONI, C. A.; SINIACOFF DEL PINO, M. **Análisis de los valores de mercado de bienes inmuebles ubicados en el barrio Malvín, Uruguay, a través de regresión espacial**

y geoestadística. 16º Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial. Florianópolis, Brasil, 2024.

ROSEN, S. **Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition.** Journal of Political Economy, Vol. 82, pp. 34-55, 1974.