Opções Reais, Operações Urbanas e o Mercado Imobiliário na Cidade de São Paulo

Veronica Favato Brugugnoli[1], Paulo Eduardo Brugugnoli[2]

[1] Fundação Getúlio Vargas – São Paulo, Rua Dr. José Áureo Bustamante 183 ap. 61A, Morumbi, Brasil, veronicafavato@yahoo.com
[2] Instituto de Tecnologia Aeronáutica – ITA, pbrubugnoli@hotmail.com

RESUMO

Um terreno representa um ativo valioso, podendo ser usado como instrumento de investimento e especulação. Há um tempo ótimo para investir, uma opção de esperar para construir e um tempo ótimo de construção que precisam ser ajustados com as condições de demanda. Ao mesmo tempo, existem leis de zoneamento e planos diretores que limitam o uso da terra. Esta pesquisa examina predições empíricas de modelos baseados em opções reais relacionando preços de imóveis e sua precificação por opções reais, considerando-se os Cepacs. Este ativo lançado na Bovespa permite ao seu titular construir acima do permitido pela lei de zoneamento e até modificar o uso de seu imóvel. Através dos Cepacs leiloados, a Prefeitura de São Paulo pode realizar Intervenções nas chamadas Operações Urbanas. O modelo é de horizonte infinito, de tempo contínuo, que se parece com o modelo de Williams(1991), mas que também testa inferências de Titman (1986). Considera-se o preço do imóvel, seu custo de construção, a receita obtida por um terreno subutilizado, as taxas de crescimento de preços e custos ajustados ao risco. Os dados incluem desde 2004, data do primeiro leilão de Cepacs, até o final de 2009. Os dados sobre lançamentos foram cedidos pela Embraesp. Ao delimitar quais lançamentos deveriam ser incluídos em cada operação urbana, foi realizada uma regressão hedônica para verificar se as características intrínsecas dos imóveis influenciariam seus preços. Finalmente, foi possível estimar os parâmetros para se chegar a um prêmio dado pelo modelo de opções reais. Como resultado, há suporte empírico para o modelo que inclui a opção de esperar pelo momento ótimo para construir. Para a Operação Urbana Faria Lima, há um prêmio médio de 32% sobre o valor observado da construção. Já para a Operação Urbana Águas Espraiadas, encontra-se uma média de 28% sobre o preço do imóvel.

Palavras-chave: Opções Reais, Operações Urbanas, Mercado Imobiliário, São Paulo.

Real Options, Urban Operations and the Real Estate Market in the City of São Paulo

ABSTRACT

Land represents a valuable asset, and it can be used as an instrument of investment and speculation. There is an optimal time to invest, an option of waiting to build and an optimal time of construction that need to meet demand conditions. On the other hand, there are zoning regulations and master plans that limit the use of land. This research examines empirical predictions of models based on real options by relating real estate prices to its real option prices, regarding the Cepacs. This asset lauched at Bovespa allows its owner to build beyond zoning regulations and even to modify the use of property. Through the CEPACS auctioned, the Municipality of São Paulo can intervene in the Urban Operations. The model has an infinite horizon, and a continuous time, that resembles the model of Williams (1991) but also test the inferences of Titman (1986). It regards the price of the property, its construction cost, the revenue obtained by an underused land as parking, growth rates of prices and risk-adjusted costs. The data ranges 2004, when the first auction of CEPACS happened, until the end of 2009. Data on launchings were provided by Embraesp. Through the delimitation of which launchings should be included in each urban operation, an hedonic regression was made, to verity if the intrinsic characteristics of each property would influence its prices. By using data from launchings of the largest real estate operations in urban areas of São Paulo (Faria Lima and Águas Espraiadas), the model is empirically corroborated. For the Faria Lima Urban Operation, there is an average premium of 32% of the observed value of the building. As for Operation Urban Águas Espraiadas, an average of 28% option premium is found.

Key-words: Real Estate, Urban Operations, Real Options, São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

As transformações urbanas que ocorreram na cidade de São Paulo, especialmente nos últimos 10 anos, foram aceleradas por suas operações urbanas. O trânsito lento, a disputa por garagens, a multiplicação de paisagens homogêneas, o crescimento vertical acelerado das edificações, o aumento do número de escritórios, a proliferação de pontes, rodovias e viadutos, o deslocamento de populações sem poder aquisitivo para áreas periféricas – todas estas características se referem a novas formas de ocupação que identificam aspectos funcionais e estruturais da sociedade moderna.

Um terreno representa um ativo extremamente valioso, e pode ser usado como instrumento de investimento e especulação. De um lado, há um tempo ótimo para investir, uma opção de esperar para construir e um tempo ótimo de construção que precisam ser ajustados com as condições de demanda. Ao mesmo tempo, existem leis de zoneamento e planos diretores que limitam o uso da terra.

Mesmo com alguns testes de modelos de precificação de opções reais para o mercado imobiliário, tais como Paddock, Siegel e Smith (1988), Quigg (1993), Medeiros (2001), baseados nos modelos de precificação de Titman (1985), Brennan e Schwartz (1985), McDonald e Siegel (1985, 1986), Majd e Pindyck (1987), Morck, Schwartz, e Stangeland (1989), Brennan (1990), Gibson e Schwartz (1990), Triantis e Hodder (1990), e Williams (1991a), nenhum deles atrelou a precificação da opção de esperar com outro instrumento financeiro negociável em bolsa.

Esta pesquisa pretende examinar predições empíricas de modelos baseados em opções reais no mercado imobiliário relacionando preços de imóveis a um ativo financeiro inovador: o Cepacs. Considera-se esta nova área de Intervenções urbanas por ser de grandes modificações no período. As opções reais que foram avaliadas na literatura acadêmica incluíram investimentos de capital, recursos naturais e terrenos urbanos. O modelo aqui considerado agrega a opção de esperar para investir, ou seja, o momento ótimo de construção. Informações empíricas são fornecidas sobre o valor do terreno baseado em opções reais, relacionando-o com seu valor observado e seu preço de mercado. Esta pesquisa obteve o prêmio pela opção em áreas de Operações Urbanas. Estas possuem como fonte de recursos a venda dos Cepacs, um novo instrumento financeiro que dá a seu proprietário direitos adicionais para construir além do permitido pela Lei de Zoneamento.

Como resultado, há suporte empírico para o modelo que inclui a opção de esperar pelo momento ótimo para construir, revelando um prêmio por esta opção. O prêmio pela opção é a diferença entre o valor intrínseco e o valor dado pelo modelo que inclui a opção. Utilizando dados de lançamentos de imóveis nas regiões das maiores operações urbanas de São Paulo (Faria Lima e Águas Espraiadas), corrobora-se o modelo de opções reais empiricamente, por um prêmio de opção de esperar para construir um imóvel.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma Operação Urbana Consorciada, originalmente denominada Operação Urbana, é um instrumento urbanístico que excepciona a Lei de Uso e Ocupação do Solo e é utilizada para requalificar uma área da cidade ou para implantar e/ou ampliar infra-estruturas urbanas, por meio de Intervenções, em áreas da cidade onde haja interesse imobiliário com demanda acima dos limites estabelecidos pela legislação urbanística (lei de zoneamento). Esta operação permite à municipalidade outorgar, de forma onerosa, Direitos Urbanísticos Adicionais a uma área urbana delimitada. A Operação Urbana autoriza o Poder Público Municipal a conceder, dentro de um perímetro definido em lei própria, índices e parâmetros urbanísticos adicionais àqueles previstos na legislação ordinária de uso e ocupação do solo, em troca de Contrapartida a ser paga pelo

interessado. Os recursos advindos das Contrapartidas são considerados recursos extra-orçamentários, depositados em uma conta bancária vinculada a cada Operação Urbana, não se confundindo, portanto, com o caixa geral da prefeitura e devem, obrigatoriamente, ser aplicados nas Intervenções dentro dos limites estabelecidos na própria lei.

As Operações Urbanas têm origem no conceito de "solo-criado", desenvolvido por urbanistas a partir de meados da década de 70. O solo criado pressupõe a existência de um Coeficiente de Aproveitamento, de maneira a eliminar as diferenças econômicas entre regiões que o Zoneamento instituiu. A partir desse coeficiente – originalmente equivalente a uma vez a área do terreno – aquilo que fosse construído a mais seria considerado solo criado.

Qualquer Operação Urbana Consorciada envolve os seguintes aspectos principais: necessidade de sua criação por meio de Lei Municipal específica, com definição da área atingida, a especificação do plano contendo o programa básico de ocupação, o programa de atendimento econômico e social da população diretamente afetada, sua finalidade, o estudo técnico do impacto de vizinhança, a contrapartida a ser exigida do proprietário que se beneficiar, as regras para as alterações dos índices de loteamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, regularizações de imóveis, com a emissão de Cepac, e a forma de controle da operação compartilhado com representantes da sociedade civil.

No Brasil, o instrumento “Operações Urbanas” surge como proposta nos anos 80, e pela primeira vez é incluído no projeto de lei do Plano Diretor de São Paulo em 1985, já com o duplo objetivo de promover mudanças estruturais em certas áreas da cidade e mobilizar recursos privados. Em São Paulo, desde 1991 foram aprovadas cinco Operações Urbanas: Operação Urbana Anhangabaú; Faria Lima; Água Branca; Centro e Água Espraiada.

Foram analisadas as regiões das Operações Urbanas Faria Lima e Águas Espraiadas, por serem de maior número de Intervenções no período considerado. Estas regiões são alvo de grandes modificações urbanísticas.

A Lei da Operação Urbana Consorciada Água Espraiada estabelece diretrizes urbanísticas para a área de influência da atual Avenida Jornalista Roberto Marinho, de interligação entre a Avenida Nações Unidas (Marginal do Rio Pinheiros) e a Rodovia dos Imigrantes. Esta operação abrange os bairros do entorno do córrego de mesmo nome, na zona sul de São Paulo. O projeto prolonga a Avenida Jornalista Roberto Marinho (antigamente conhecida como Avenida Água Espraiada) até a rodovia dos Imigrantes, além de revitalizar a região com a criação de espaços públicos de lazer e esportes. Já a Operação Urbana Faria Lima prevê melhoramentos viários, tais como: prolongamentos da Avenida Faria Lima, da Avenida Hélio Pelegrino, das ruas Funchal e Olimpíadas. Esta Operação também prevê a construção de viadutos tais como o da Avenida Bandeirantes, a ponte Cidade Jardim, bem como a construção de um novo terminal de ônibus no Largo da Batata. Desta forma, a região das Operações Urbanas foi escolhida para estudo por sua enorme dinâmica, a fim de verificar sua precificação de imóveis e testar empiricamente um modelo de opções reais.

Apesar da vasta literatura em economia urbana, poucos trabalhos tinham sido realizados sobre o desenvolvimento de uma propriedade. Shoup (1970) foi um dos primeiros a analisar o problema da transição de um terreno rural para um terreno urbano e da ampliação do uso de um terreno urbano. Para ele, a construção de uma propriedade é um investimento irreversível.

Arnott e Lewis (1979) ampliam o trabalho de Shoup ao analisar o tempo ótimo de construção e sua densidade ótima. Usando um modelo de equilíbrio parcial, o proprietário de um terreno vago constrói no tempo e na quantidade que maximizam o valor presente do terreno sujeito à restrição de que este investimento é irreversível. Os autores concluem que há um tempo de espera para construir até que os juros poupados por adiar a construção mais um período se iguale ao fluxo que deixou de ser ganho pelo fato de ter adiado a obra.

Um dos aspectos essenciais do investimento no mercado imobiliário são as incertezas tanto dos preços das unidades quanto no custo da construção. Neste sentido, Titman (1991)

inova, ao considerar o terreno vago uma opção. Assim, quanto maior a incerteza sobre os preços futuros, mais valiosa é a opção de selecionar o tipo de construção, o que torna o terreno vago ou subutilizado (como estacionamento) mais valioso. Entretanto, sua análise é feita em tempo discreto, e se restringe a apenas dois períodos. Williams (1997) avança, considerando o tempo contínuo, incluindo a opção de conversão, isto é, a modificação de uso de um terreno.

O presente trabalho dá ênfase às implicações de Williams (1991), mas não considera nem a opção de conversão nem a possibilidade de depreciação do prédio, pois tais aspectos tornariam o modelo muito complexo, restringindo assim o seu poder intuitivo.

3. METODOLOGIA

O modelo considerado é de horizonte infinito, de tempo contínuo, que se parece com o modelo de Williams (1991), mas que também testa inferências de Titman (1986). O proprietário do terreno possui uma opção perpétua de construir em uma área vaga, por um tamanho e tempo ótimos, sujeito às leis de zoneamento. O custo de construção é dado por:

$$X = f + q^{\lambda} x1 \qquad (1)$$

em que f representa os custos fixos, q é o metro quadrado da construção, λ é a elasticidade do custo, e *x1* representa o custo da construção por metro quadrado. Admite-se que os custos de construção seguem um movimento geométrico browniano, a uma taxa constante α_x e a uma variância constante $\sigma_x{}^2$,

$$dX / X = \alpha_x dt + \sigma_x dz_x \qquad (2)$$

Assume-se que o preço P do ativo subjacente, a construção, é observável. P é dado por $P = q^{\phi}\varepsilon$, onde ε é uma função para outros atributos da propriedade e ϕ é a elasticidade do preço. Colwell (1992) assume que a função custo é côncava, pois as paredes exteriores aumentam menos que proporcionalmente ao espaço do solo. Para a construção, a curva de custo marginal precisa interceptar a curva de custo marginal por baixo, para que se obtenha uma solução interior para o tamanho ótimo do prédio. Admite-se que $\phi < 1$, dado o relacionamento côncavo entre preço e tamanho da construção no modelo de opções. P segue um movimento geométrico browniamo a uma taxa constante, α_p, e variância constante $\sigma_p{}^2$,

$$dP / P = (\alpha_p - x_2)dt + \sigma_p dz_p \qquad (3)$$

onde x_2 são os fluxos de caixa da propriedade construída e ρdt é a correlação constante entre dz_x e dz_p.Admite-se que a elasticidade do custo, λ, seja maior que a elasticidade do preço, ϕ. O modelo de Williams (1991) assume que os custos unitários de construção e os fluxos de caixa da propriedade construída são variáveis estocásticas, ambas seguindo o processos lognormais. Williams afirma que o preço é uma função linear dos fluxos de caixa, portanto:

$$P = \pi q x_2 \quad , \pi \text{ constante} \qquad (4)$$

Ele também assume que o custo total é uma função linear do custo unitário, assim:

$$X = x_1 q^{\lambda} \qquad (5)$$

Portanto as duas inferências são formalmente equivalentes. Entretanto, aqui, estas premissas não são admitidas, como Williams, pois os custos de construção exibem retornos decrescentes de escala, a fim de se obter uma solução para o problema de escala (as pareces em relação ao solo construído). Neste modelo, requer-se que o parâmetro de elasticidade de custo exceda o parâmetro da elasticidade do preço, permitindo assim retornos crescentes ou decrescentes de escala.

Para este modelo, agrega-se a taxa de juros livre de risco, *i*, sendo constante no tempo e igual para credores e devedores. Os proprietários de terreno são tomadores de preços, dado um modelo de equilíbrio parcial. O modelo assume que uma decisão individual de construir não impacta no preço de mercado. O modelo de Williams (1991) assume um equilíbrio de Nash entre construtores.

O investimento é irreversível, ou seja, uma vez que o investidor constói a propriedade, esta não mais possui um valor ótimo no tempo. βP é a renda gerada pela propriedade não construída, geralmente aproveitada como estacionamento. Isto significa que o fluxo de caixa gerado pela área não construída é proporcional ao da propriedade construída.

Por fim, assume-se que existe um equilíbrio na economia, e que não há oportunidade para a arbitragem. Existem ativos negociáveis cujos preços são perfeitamente correlacionados com *P* e *X*. Estas premissas também são adotadas por Titman (1985), Brennan e Schwartz (1985), Rubinstein (1976) e Milne e Turnbull (1991).

O operador de preços é calculado pelos fluxos de caixa futuros ajustados ao risco descontados a uma taxa de juros livre de risco. Assim, as médias de *X* e *P*, que são respectivamente α_x e α_p , são ajustadas para:

$$v_x \equiv \alpha_x - \lambda_x \sigma_x \text{ e} \qquad (6)$$
$$v_p = (\alpha_p - x_2) - \lambda_p \sigma_p$$

onde λ_x e λ_p são parâmetros constantes que representam o retorno excedido por unidade de desvio-padrão. Pode-se desta forma expressar o valor do terreno não construído por *V(X, P)*, como solução da equação fundamental, sujeita às condições limite:

$$0 = 0.5\sigma_x^2 X^2 V_{xx} + \sigma_{xp} XPV_{xp} + 0.5\sigma_p^2 P^2 V_{pp} + v_x XV_x + v_p PV_p - iV + \beta P \qquad (7)$$

Deseja-se resolver a equação (4). A solução tem a forma $W(z) = Az^j + k$.

Inserindo os valores de W, W' e W" na equação (4), obtêm-se valores para *k* e *j*, dados na equação (5). Pela taxa mínima de retorno z*, o valor da opção é seu valor observado, dada a primeira solução limite, $W(z) = Az^{*j} + k - 1$. A segunda condição limite é a de suavidade (*smooth-pasting*), baseada na premissa de exercício racional, $W'(z^*) = jAz^{*j} = 1$. Através de uma substituição de variáveis, $z \equiv P/X$ e $W(z) \equiv V(X,P)/X$, obtêm-se:

$$0 = 0.5\omega^2 z^2 W'' + (v_p - v_z) zW' + (v_x - i)W + \beta z \qquad (8)$$

onde

$$\omega^2 = \sigma_x^2 - 2\rho\sigma_x\sigma_p + \sigma_p^2$$

Para resolver esta equação diferencial, assume-se que existe uma taxa do preço da contrução em relação ao seu custo, *z*, no momento ótimo da construção. O investidor exercerá sua opção nesta taxa de retorno *z**, dada a condição de suavidade. A solução é dada por:

$$V(P,X) = X(Az^{j} + k) \tag{9}$$

onde,

$A = (z^{*} - 1 - k)(z^{*})^{-j}$,

$z^{*} = j(1+k)/(j-1)$,

$k = \beta z/(i - v_x)$,

$j = \omega^{-2}\left\{0.5\varpi^{2} + v_x - v_p + \left[\omega^{2}\left(0.25\omega^{2} - v_p - v_x + 2i\right) + (v_x - v_p)^{2}\right]^{0.5}\right.$

$z=P/X$

O valor observado da opção pode ser achado tirando-se o limite da Eq. 9 quando a variância ω tende a zero. O resultado é dado por:

$$V^{I}(X,P) = P - x \ , \ z \geq 1 + k$$
$$V^{I}(X,P) = \beta P/(i - v_x) \ , \ z < 1 + k \tag{10}$$

Se a taxa *z=P/X* exceder *1 + k*, o proprietário do terreno construirá imediatamente. Caso contrário, ele manterá a área não construída em função da renda gerada. Esta taxa de retorno, *1 + k*, corresponde à taxa *z** no modelo de opções reais. Esta pode ser obtida tirando-se o limite de *z** quando $\omega \to 0 (j \to 1)$.

A escala ótima ou o tamanho ótimo da construção, *q**, é dado pelos valores iniciais de *P* e *X*, e portanto é o mesmo tanto para o valor baseado em opções *V(P, X)*, quanto para seu valor observado, $V^{I}(P,X)$. O valor da opção, *q** é dado pela maximização do valor do terreno não construído, $V(q) = P(q) - X(q) = q^{\phi}\varepsilon - (f + q^{\lambda}x_1)$, sobre q. Portanto, a solução é dada por,

$$q^{*} = (\lambda x_1 / \varepsilon\phi)^{(\lambda/(\phi-\lambda))} \qquad q^{*} < \delta$$

$$q^{*} = \delta \qquad q^{*} \geq \delta \tag{11}$$

onde δ é o tamanho máximo permitido pela lei de zoneamento. Este trabalho empírico verifica o valor da construção dado pela opção dado pela Eq. 9, comparado ao seu valor observado (Eq. 10) e ao seu valor de mercado. Admite-se que a construção é realizada em uma escala ótima dada pela Eq. 11, e que o tempo ótimo para a construção é quando a relação entre o preço e o custo excedem *z** na Eq. 9.

4. RESULTADOS

O primeiro conjunto de dados inclui os lançamentos residenciais na cidade de São Paulo, para as regiões das operações urbanas, divididas por distritos: Vila Olímpia, Pinheiros e Itaim Bibi para a Operação Faria Lima; Morumbi, Jabaquara e Santo Amaro para a Operação Águas Espraiadas. Os dados incluem desde a segunda metade de 2004, data do primeiro leilão de Cepacs, até o final de 2009. Os dados sobre Cepacs foram extraídos da Bovespa e os dados sobre lançamentos foram gentilmente cedidos pela Embraesp (Empresa Brasileira de Estudos do Patrimônio). Os dados sobre imóveis comerciais foram insuficiente para realizar uma análise completa sobre escritórios.

A primeira tarefa foi determinar quais lançamentos deveriam ser incluídos em cada operação urbana. Utilizando o Google Maps e a ferramenta Map a List, pode-se plotar em um mapa todos os lançamentos residenciais do período. Pelos mapas fornecidos pela Emurb e utilizando dados de SQL (Setor, Quadra e Lote) da Secretaria Municipal de Finanças para localizar os imóveis, limitados por ruas, foi possível visualizar se eles pertenciam a cada uma das operações urbanas. Os imóveis não pertencentes foram removidos do banco de dados. Inicialmente havia 3159 registros de lançamentos imóveis, dos quais 596 pertenciam à região das Operações Urbanas. Os dados das propriedades construídas foram utilizados na estimação hedônica de preços para obter o valor potencial das construções.A segunda tarefa foi estimar o movimento geométrico browniano para as equações de preço e custo. Para verificar a veracidade do modelo e da solução da equação (8), as equações foram testadas através de uma simulação de Monte Carlo, que corroborou o modelo através de números estocásticos.

Uma vez que o terreno é avaliado como uma opção, cujo ativo subjacente é a construção que potencialmente seria realizada em determinada área, o preço desta construção potencial não pode ser observado, e portanto, deve ser estimado. O método utilizado é a estimação hedônica. Esta função hedônica de preços p(Z) especifica como os preços de mercado de um ativo variam de acordo com suas características. Rosen (1974) mostra o comportamento de p(Z) através do preço de equilíbrio dado pela oferta e demanda do bem. A distribuição da quantidade, como uma função de Z, que é fornecida e consumida é também determinada endogenamente.

A fim de verificar a veracidade das equações (2) e (3) ao afirmar que os preços e custos realmente seguem um movimento geométrico browniano, foi realizada uma simulação de Monte Carlo para cada uma delas. Para cada valor aleatório de σxdz e de σpdz corroborou-se o comportamento esperado para os preços e custos de construção.

Separou-se a amostra em anos e em duas categorias de uso (comercial e residencial), para aumentar o poder preditivo dos coeficientes. Para cada subamostra, faz-se a regressão do logaritmo do preço de acordo com as características da construção. Os atributos observados que mais influenciam o preço da propriedade foram analisados e incluídos no modelo, assim:

$$preço_propriedade = (características\ intrísecas) + \varepsilon \tag{12}$$

ptotal_m2 = idade dormitorios banheiros vagas coberturas blocos unidades_andar andares total_unidades ln_Autil Itaim CampoBelo Morumbi Jabaquara Pinheiros StoAmaro

Para construções residenciais, a variável dependente é o logaritmo do preço por metro quadrado. As variáveis independentes são idade da construção, número de quartos, banheiros e vagas na garagem, número de coberturas, torres, unidades por andar, total de unidades e o logaritmo da área total. As primeiras regressões também foram feitas com as variáveis de Área Total, Área Útil e Área do Terreno. Posteriormente, optou-se por uma delas, devido ao seu alto grau de correlação, com um VIF (*Variance Inflation Factor*) muito alto. Os distritos foram incluídos como *dummies*: Campo Belo, Itaim Bibi, Jabaquara, Morumbi, Pinheiros e Santo Amaro.

As equações hedônicas representam a estimativa do preço da construção, dado por $P(q) = q^{\phi}\varepsilon$ onde o tamanho da construção q (numero de unidades) e a elasticidade do preço ϕ são os mesmos para ambas as equações e ε é função dos atributos ou características intrínsecas da propriedade. Admite-se que o investidor constrói com o tamanho ótimo, q=q*, como dado pela equação (8). Os terrenos não construídos representam as opções reais, a terra cujo proprietário possui a opção de construir.

Tabela 1: Estimação hedônica para imóveis residenciais na área das Operações Urbanas.

	2004		**2005**		**2006**		**2007**		**2008**		**2009**	
	Coef.	Std.Err	Coef.	Std.Err	Coef.	Std.Err	Coef.	Std.Err	Coef.	Std.Err	Coef.	Std.Err
idade	-0,1201	0,0675	-0,0316	0,0656	-0,1341	0,0275	-0,1134	0,0234	-0,1983	0,0600	-0,2947	0,0336
dorm	-0,1752	0,0358	-0,1348	0,0132	-0,1466	0,0558	-0,0640	0,0521	-0,1149	0,0387	-0,0850	0,0343
banh	0,0896	0,0453	0,0613	0,0113	0,0144	0,0553	0,0031	0,0763	0,1862	0,0127	0,1540	0,0122
vaga	0,4610	0,0334	0,4832	0,0237	0,5216	0,0784	0,5116	0,0345	0,6164	0,0129	0,6285	0,0119
cobert	0,0362	0,0131	0,0209	0,0424	0,0056	0,0122	0,0064	0,0765	0,0660	0,0033	0,0047	0,0076
blocos	-0,3120	0,0894	-0,0636	0,0010	-0,2913	0,0848	-0,0440	0,1280	-0,0055	0,0026	-0,0120	0,0022
unidand	-0,0599	0,0169	0,0012	0,0032	-0,0789	0,0189	-0,0190	0,1659	-0,0220	0,0174	-0,0110	0,0117
andares	-0,0129	0,0050	-0,0110	0,0132	0,0029	0,0850	0,0027	0,0840	0,0030	0,0175	0,0860	0,0143
tt_unid	0,0041	0,0012	0,0003	0,0561	-0,0019	0,0065	-0,0023	0,0065	-0,0036	0,0712	0,0012	0,0723
ln_Autil	0,7538	0,1862	0,8567	0,0458	0,8734	0,1858	0,9256	0,1834	0,9356	0,0184	0,9623	0,0123
Ditaim	0,3065	0,1089	0,3657	0,0143	0,0769	0,1049	0,3765	0,1036	0,4233	0,0434	0,4482	0,5664
DVOlim	0,2028	0,0031	0,2546	0,0186	0,3045	0,0087	0,2928	0,0065	0,3042	0,0263	0,3288	0,1233
Dmorum	0,0252	0,1082	0,5674	0,1856	0,2339	0,1037	0,2520	0,1076	-0,1696	0,0263	-0,2745	0,3213
Djabaq	0,0539	0,0112	0,0657	0,0823	-0,1847	0,0123	0,0930	0,0243	0,0840	0,0318	-0,2603	0,0128
DPinhe	0,0867	0,1278	0,0987	0,0234	0,1545	0,1277	0,1667	0,1165	0,2987	0,1280	0,3186	0,0280
DStoAm	-0,0622	0,1484	-0,3878	0,1743	-0,1153	0,1422	-0,1200	0,1582	-0,1562	0,1740	-0,3228	0,0740
Const	7,4187	0,6037	6,0924	0,7503	5,9307	0,6011	8,3218	0,0711	8,0219	0,4169	6,7621	0,4102
R2	0,8680		0,8798		0,8234		0,8780		0,9207		0,9322	
R2 Ajus	0,8403		0,8456		0,8011		0,8603		0,9000		0,9188	
F-Stat	31,32		19,85		20,86		25,45		44,41		13,93	
N	99		78		115		125		83		96	

elaboração própria.

Nota-se na Tab. 1 que a idade é um coeficiente negativo para o preço. Um atributo importante que influencia positivamente o preço do imóvel é o número de vagas na garagem. A quantidade de unidades por andar afeta negativamente o preço. Observa-se também uma valorização dos bairros de Itaim e Pinheiros. O distrito de Santo Amaro parece estar influenciando negativamente o preço do imóvel. Todos os R2 e R2 Ajustados se mostraram adequados.

A função custo é dada pela Eq. 1, sendo os custos inicialmente estimados pelo CUB-médio, divulgado pela Sinduscon/SP. O CUB é ainda calculado com base nos diversos projetos-padrão representativos que são os projetos de um, quatro, oito e doze pavimentos, de dois ou três quartos nos padrões de acabamento baixo, normal e alto, considerando-se os lotes básicos de insumos (materiais, mão de obra e equipamentos). A série utilizada para estimação dos parâmetros foi a de padrão H8-2N, que representa um apartamento com oito pavimentos, dois quartos, padrão de acabamento normal. Esta série foi escolhida inicialmente, pois é a mais utilizada como preço do metro quadrado em São Paulo. Porém, verificou-se, após a coleta dos dados, que a metodologia de cálculo do CUB-médio foi modificada em 2007. Como alternativa a este problema, utilizou-se o INCC –FVG (Índice Nacional de Construção Civil), elaborado mensalmente.

Quanto aos preços de venda dos imóveis, foi utilizada uma série de valores médios por bairro e tipo de apartamento, divulgados pela Embraesp. É importante ressaltar que como são utilizados preços de lançamento, os dados não traduzem negócios realmente realizados, pois, para muitas destas ofertas, pode nunca ter existido um comprador. Entretanto, considerando-se a racionalidade dos agentes econômicos, espera-se que preços de oferta muito acima ou abaixo da média sejam reajustados.

Após a estimativa da taxa de crescimento dos preços dos imóveis e do custo de construção, estes valores são ajustados aos seus riscos. Portanto, faz-se necessário obter uma estimativa de risco para o mercado imobiliário, descrito pelo parâmetro λi.

Nenhum dos autores pesquisados mostrou em seus *papers* o cálculo de lambda, sendo este um valor "dado". Em geral, este valor é predito como tendo um valor entre 0,8 e 1, fazendo-se simulações para cada um deles.

Entretanto, à luz de Williams (1991a), sabe-se que a evolução estocástica dos custos unitários de construção x1 bem como dos fluxos de caixa unitários x2 podem ser replicados através de carteiras de ativos. Estes podem ser comercializados continuamente sem custos de transação, considerando um mercado em concorrência perfeita. Neste mercado, existem duas carteiras de ativos negociáveis, i=1,2, tal que os retornos da carteira i são perfeitamente correlacionados com os incrementos estocásticos *dzi*. Para cada carteira, o retorno excedido médio por unidade de desvio padrão é igual a uma constante λi.

Considerando-se que seja possível construir uma carteira instantânea usando preços da propriedade construída (P(x2)) em uma segunda carteira de ativos substitutos (i=2) com os preços das ações das 22 construtoras de imóveis residenciais e comerciais listadas na Bovespa, foi constituído uma nova carteira, composta de P(x2) e i=2, cujos retornos em i=1 são perfeitamente correlacionados com os incrementos estocásticos *dzi*, em uma proporção tal que a nova carteira fosse livre de risco, ou seja, de desvio-padrão igual a zero.

Nesta situação, combinam-se dois ativos arriscados para formar uma carteira livre de risco. Quando uma carteira inclui dois ativos com risco, é preciso considerar seus retornos esperados, variância e covariância (ou correlação) entre os retornos dos ativos. É possível gerar uma carteira de ativos 100% correlacionada a P(x2). Uma vez que a carteira é instantânea, a medida dos desvios muda com o tempo, e é preciso alterar os pesos da carteira para que se mantenha um risco zero. De fato, só é possível fazer o desvio igual a zero se for escolhida uma carteira (i=2) com correlação +1 ou -1, sendo uma posição comprada ou vendida para o primeiro caso (+1) e uma posição comprada para o segundo caso (-1).

Para o caso em que a correlação seja +1, tem-se: e1 e s1 para o retorno esperado e desvio de P(x2); e2 e s2 para o retorno esperado e desvio da carteira de ações (i=2). Então, a proporção (peso) da carteira de preços de construção (i=1) será s2/(s2-s1) e a proporção de ativos substitutos (ações, i=2) será –s1/(s2-s1). O retorno da nova carteira é dado por:

$$e1 + x2min * (e2 - e1) \text{ onde} \tag{13}$$

$$x2min = -s1/(s2-s1) \tag{14}$$

Portanto, o retorno da nova carteira é a versão de P(x2) livre de risco, ou seja, com uma média dada por $v_i \equiv \mu_i - \lambda_i \sigma_i$, i = 1,2, o que significa taxas de crescimento esperadas ajustadas ao risco. Comparando-se ambas as equações e ajustando os termos, tem-se:

$$(e1-s1)/(s2-s1)*(e2-e1) = \mu_i - \lambda_i \sigma_i \tag{15}$$

Isolando-se lambda: $\lambda i = (s2-s1)/(e2-e1)$. (16)

Foram obtidos dados de preço de ações no Economática, para o setor de construção civil, a partir de 2007. Estes valores foram correlacionados com os preços dos imóveis, a fim de formar uma carteira livre de risco. Assim, este parâmetro foi estimado em 1,34, achando-se uma carteira substituta (ações, i=2) perfeitamente correlacionada com a parte estocástica de P(x2). Para facilitar os cálculos, utilizou-se a metodologia de Algoritmos Genéticos, de Holland (1975). Simulou-se uma nova carteira dada por preços de lançamentos e ações de construtoras, com seus pesos determinados pelo algoritmo genético, que maximizaram a correlação da nova carteira.

Conforme suposto no modelo, existe um ativo sem risco na economia cuja taxa de retorno é denotada por *i*. Como *proxy* para este ativo, utiliza-se uma série mensal para a taxa de juros Selic divulgada pelo Banco Central.

Tabela 2: Prêmio pela opção para os distritos da operação urbana Faria Lima.

Período	P [R$/m2]	X [R$/m2]	z = P/X	x1	k	z*	Valor Observado Vi = P - X	Option Model V	Option Premium (V-Vi)/V [%]
Vila Olímpia									
2003	3.311,8	2.403,1	1,3987	557,97	1,0528	2,6936	2.437,90	2.560,54	0,0495
2004	3.692,5	2.291,9	1,6691	601,39	1,7797	3,8486	4.042,73	4.243,11	0,0645
2005	3.715,2	2.667,1	1,3981	640,04	0,9229	2,6005	2.389,99	2.573,90	0,0804
2006	3.721,6	2.842,9	1,3147	680,64	0,9204	2,6928	2.491,07	2.697,41	0,0789
2007	4.139,8	3.044,1	1,4024	733,38	1,2345	3,2925	3.404,46	3.679,16	0,0984
2008	4.162,6	3.560,0	1,1709	772,70	0,9805	2,9111	3.470,95	3.664,01	0,0537
Pinheiros									
2003	3.862,1	2.810,6	1,3752	536,96	0,8579	2,5550	2.427,04	2.646,97	0,1023
2004	3.338,7	3.070,3	1,0874	656,59	0,5296	2,1601	1.626,17	1.810,49	0,1018
2005	3.338,7	3.070,3	1,0874	656,59	0,5296	2,1601	1.626,17	1.810,49	0,1018
2006	5.499,3	3.440,6	1,5984	676,89	0,8641	2,7407	2.973,00	3.537,76	0,1590
2007	5.444,0	4.779,8	1,1407	740,02	0,3662	2,1543	1.738,79	2.401,96	0,2767
Itaim Bibi									
2004	9.803,7	3.808,1	2,5754	593,98	0,0970	1,2796	5.995,62	93.863,93	0,9361
2005	9.581,2	4.915,4	1,9522	657,73	0,0583	1,2281	4.665,80	25.124,29	0,8000
2006	9.431,8	4.900,9	1,9245	688,01	0,0613	1,2427	4.530,88	18.097,24	0,7496
2007	8.233,8	4.600,2	1,7899	695,02	0,0598	1,2459	3.633,60	9.953,45	0,6349
2008	10.118,0	5.706,1	1,7818	772,70	0,0673	1,2587	4.411,90	11.124,69	0,5943

Elaboração própria.

Ao determinar a quantidade ótima de unidades a serem construídas, o investidor está sujeito a restrições legais, impostas no tamanho máximo da construção, caracterizadas pelo parâmetro δ. Embora exista uma quantidade máxima de área delimitada pela Lei de Zoneamento, através da compra de Cepacs é possível converter estes instrumentos financeiros em área adicional a ser construída. Entretato, não se faz possível construir indefinidamente, existindo assim um estoque definido pela Emurb de área para cada operação urbana.

A utilização subótima do terreno vago, β, poderia assumir as mais diferentes formas como estacionamento, campo de futebol, eventos, etc. No entanto, para efeitos de fluxo de caixa, o mais rentável em São Paulo é o estacionamento. Segundo pesquisas realizadas pela Sindepark/SP (Sindicato das Empresas de Garagens e Estacionamentos), para as regiões consideradas, são retiradas das receitas líquidas os custos de manutenção e tributações (5% de ISS, 0,65% de PIS e 3% de COFINS). Em média, em um estacionamento na região, 30% são mensalistas e os outros 70% representam vagas rotativas. As receitas líquidas arrecadadas mensalmente representam em média R$200,00 por vaga no estacionamento de mensalistas e R$1.176,00 no estacionamento rotativo. Para determinação do número de vagas possíveis no terreno, utilizou-se a regulação do lote mínimo, dados os estoques de área delimitados pela Emurb. Assim, a densidade permitida representa a quantidade de vagas (cada vaga ocupa 25m^2) multiplicada pela área útil do terreno (considera-se aqui o espaço para as manobras e trânsito de veículos) dividida pela área de um edifício, caso fosse construído no local. O número de vagas para aluguel enquanto o prédio não é construído representa a divisão entre a área do edifício e a área ocupada por uma vaga. Logo, a receita por propriedade não construída representa a receita

da vaga ocupada vezes o número de vagas para aluguel, ou seja, para o cálculo do ganho médio do aluguel das vagas por unidade do prédio, multiplica-se o valor encontrado para a relação vaga/unidade pelo ganho com aluguel mensal líquido. Desta forma, pode-se encontrar os ganhos com aluguel de vaga por unidade para cada apartamento. Como esperado, o ganho é maior para um prédio de quatro quartos, já que esta unidade ocupa um maior espaço físico sendo possível, portanto, realizar um maior número de vagas neste espaço. Estimou-se o parâmetro β do terreno subutilizado, dividindo o ganho de venda das vagas por unidade pelo valor médio de venda por unidade, obtendo-se valores de 0,3% a 3% do valor da propriedade construída.

Tabela 3: Prêmio pela opção para os distritos da operação urbana Água Espraiada.

Ano	P [R$/m2]	X [R$/m2]	z = P/X	x1	k	z*	Valor Observado Vi = P - X	Option Model V	Option Premium (V-Vi)/V [%]
Morumbi									
2003	3.400,90	2.525,40	1,3665	520,68	0,5351	1,7926	1.497,80	1.565,57	0,0496
2004	3.298,40	2.819,60	1,1716	606,99	0,6183	1,9529	1.729,02	1.785,77	0,0401
2005	3.554,50	3.151,30	1,1564	651,13	0,4007	1,6689	1.191,81	1.283,81	0,0757
2006	3.743,40	3.515,20	1,0726	685,2	0,515	1,8395	1.803,37	1.864,48	0,0409
2007	3.590,80	3.785,00	0,9696	717,52	0,2801	1,5802	1.007,90	1.094,02	0,0792
2008	3.618,30	3.334,80	1,085	772,7	0,3202	1,6346	1.067,97	1.192,45	0,1044
2009	3.514,80	3.785,00	0,9696	717,52	0,2801	1,5802	1.007,90	1.094,02	0,0792
Jabaquara									
2003	2.542,40	2.466,40	1,037	564,14	1,8994	4,0761	4.762,41	4.790,26	0,0069
2004	2.192,00	2.280,70	0,9629	602,05	2,5929	5,1903	5.509,44	5.537,54	0,008
2005	2.253,30	2.412,40	0,9395	650,81	2,3472	4,6892	5.436,85	5.455,45	0,0049
2006	2.837,10	2.519,70	1,126	690,58	1,5164	3,7606	3.820,85	3.902,74	0,021
2007	2.519,90	2.697,10	0,9426	716,64	2,3999	5,2282	6.253,25	6.294,71	0,0078
2008	2.905,00	3.327,90	0,8729	747,7	1,0868	3,2604	3.616,76	3.717,16	0,027
2009	3.076,80	3.785,00	0,9696	717,52	0,2801	1,5802	1.007,90	1.094,02	0,0792
Santo Amaro									
2003	2.765,00	2.466,20	1,1211	524,76	1,8994	4,0761	298,60	4.750,26	0,9371
2004	3.287,00	2.281,70	1,4406	612,02	2,5929	5,1903	1.005,30	5.547,52	0,8188
2005	3.457,00	2.422,40	1,4271	650,84	2,3472	4,6892	1.034,60	4.455,45	0,7678
2006	3.734,00	2.539,72	1,4702	690,56	1,5164	3,7606	1.194,28	2.901,74	0,5884
2007	3.488,00	2.694,20	1,2946	716,63	2,3999	5,2282	793,80	2.371,00	0,6652
2008	3.497,00	3.324,90	1,0518	747,72	1,0868	3,2604	172,10	3.517,16	0,9511
2009	4.374,00	3.782,00	1,1565	716,52	0,2801	1,5802	592,00	1.089,03	0,4564

Elaboração própria.

Aplicando-se da Eq. 1 a Eq. 11, nota-se um prêmio pela opção, que excede o valor observado do imóvel. Para a Operação Urbana Faria Lima, há um prêmio médio de 32% sobre o valor observado da construção. Já para a Operação Urbana Águas Espraiadas, encontra-se uma média de 28% sobre o preço do imóvel.

5. CONCLUSÃO

O modelo de opções reais revela um prêmio pela opção, acima do estabelecido pelo valor de mercado. Além disto, através da regressão hedônica, verificou-se que as características das construções revelam uma precificação mais exata dos imóveis.

Esta região de Operações Urbanas foi escolhida devido à sua grande dinamicidade e valorização. Para pesquisas futuras, pretende-se relacionar os Cepacs, ativos capazes de dar ao seu portador o direito de construir acima do permitido pela Lei de Zoneamento, aos estoques por metro quadrado destas Operações Urbanas, ao preço de mercado do imóvel e ao prêmio pela opção obtido nesta pesquisa. Uma análise de regressão será feita para verificar o impacto destas variáveis na precificação dos Cepacs. Pretende-se também realizar a mesma análise para imóveis comerciais.

6. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. 1986. Property Taxes and the Timing of Urban Development. *Regional Science and Urban Economics* 16, 483-492.

ARNOTT, R.; LEWIS, F.1979. The Transition of Land to Urban Use, Journal of Political Economy 87:11, 161-169.

BRENNAN, M; SCHWARTZ, E. 1990. Evaluating Natural Resource Investment. *Journal of Finance* 45, 709-730.

CAPOZZA, D.; YUMMING LI. 1994. The Intensity and Timing of Investment: the Case of Land. American Economic Review 84, 889-904.

COLWELL, P.F. 1992. , Semiparametric Estimates of the Marginal Price of Floorspace (comnment), *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 151-172.

COX, J.C.; RUBINSTEIN, M. 1985. Options Markets (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.).

GRENADIER, S.R. 1995. Flexibility and Tenant Mix in Real Estate Projects, *Journal of Urban Economics* 38, 357-378.

HOLLAND, J.H. 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press.

HULL, J.C. 2008. Futures, Options and Other Derivatives, *Prentice Hall*.

SCHWARTZ, E.; GIBSON, R. 1990. Stochastic convenience yield and the pricing of oil contingent claims, *Journal of Finance* 45, 959-976.

MCDONALD, R.L; SIEGEL, D.R. 1985. Investment and the valuation of firms when there is an option to snut down, *International Economic Review* 26, 331-349.

MAJD, S.; PINDYCK, R.S. 1987. Time to build, option value, and investment decisions, *Journal of Financial Economics* 18, 7 -27. Marshall Valuation Service, 1986, Marshall and Swift, Los Angeles.

MEDEIROS, P.Y. 2003. Applications of Real Options in the Real Estate Market Focusing the City of Rio de Janeiro, *Revista Brasileira de Finanças* 1, 45-87.

PADDOCK, J.; SIEGEL, D.R.; SMITH, J.L. 1988. Option valuation of claims on real assets: The case of offshore petroleum leases, *Quarterly Journal of Economics* 102, 479-508.

QUIGG, L. 1993. Empirical Testing of Real Option Pricing Models. *The Journal of Finance* 48:2, 621-640.

ROSEN, S. 1974. Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition, *Journal of Political Economy* 82, 34-55.

TITMAN, S. 1985. Urban land prices under uncertainty, *American Economic Review* 75, 505-514.

WILLIAMS, J.T. 1991a. Real estate development as an option, *Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 191-208.

WILLIAMS, J.T. 1991b. Equilibrium and options on real assets, Working paper, University of British Columbia.