

Avaliação de Investimentos Imobiliários através da Análise de Opções Reais

Dissertação de Mestrado

Dulce Magda de Oliveira Martins

Mestrado em

Ciências Económicas e Empresariais



Avaliação de Investimentos Imobiliários através da Análise de Opções Reais

Dissertação de Mestrado

Dulce Magda de Oliveira Martins

Orientadores

Prof. Doutor Gualter Manuel Medeiros do Couto

Prof. Doutor Pedro Miguel Silva Gonçalves Pimentel

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Económicas e Empresariais, com especialização em Finanças.



RESUMO

O trabalho de investigação pretende salientar o contributo do modelo de avaliação de opções reais na avaliação de terrenos urbanos inutilizados em Portugal, reservados para a construção de apartamentos novos. Realce-se que será efetuada uma comparação entre este novo método de avaliação e as metodologias de avaliação tradicionais, as quais não se adaptam aos projetos de investimento num ambiente de incerteza, pois provocam uma subavaliação do projeto. Note-se que esta subavaliação ocorre devido à falta de flexibilidade dos métodos tradicionais na tomada de decisão, que se torna um processo cada vez mais dinâmico.

Tendo por base o modelo de Quigg (1993), devidamente adaptado à realidade do mercado português, procuramos expressar e testar os parâmetros que demonstram ter um maior impacto, quer seja positivo ou negativo, no cálculo do valor final dos terrenos. A decisão sobre o diferimento da construção do investimento depende da avaliação dos terrenos inutilizados e o valor desta opção deverá ser considerado no processo de tomada de decisão da implementação do projeto.

Palavras-chave: Opções reais, imobiliário, incerteza, diferimento, tempo ótimo.

JEL Classification: D81; D92.

ABSTRACT

The present research focus the contribution of the real options analysis in the valuation of unexploited urban land in Portugal, for the construction of new apartments. A comparison between this new valuation method and the traditional valuation methodologies, which in an uncertainty environment undervaluation the projects, was achieved. The undervaluation occurs due to the absence of flexibility of traditional methods in decision making, which becomes an increasingly dynamic process.

Based on Quigg (1993) model, adapted to the reality of the Portuguese market, our research reveals a higher impact, whether positive or negative, in the land value. The decision to defer the construction of the investment project add value to the undeveloped land and should be considered in the decision making process of the investment.

Keywords: Real options, real estate, uncertainty, defer, optimal timing.

JEL Classification: D81; D92.

DEDICATÓRIA

A presente dissertação de mestrado é dedicada aos meus pais, Maria José e Manuel. É um pequeno gesto comparado com todo o amor, carinho e dedicação que tiveram para comigo e com os meus irmãos, afinal foram eles que perante todas as dificuldades da minha vida sempre estiveram lá para me apoiar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus orientadores, Professor Doutor Gualter Manuel Medeiros do Couto e Professor Doutor Pedro Miguel Silva Gonçalves Pimentel, pela forma como me orientaram e disponibilizaram o seu tempo e trabalho para me acompanhar no desenvolvimento do presente trabalho de investigação.

E agradecer a toda a minha família pelo seu apoio e carinho, e alguma paciência também, que me deram durante este período fulcral da minha vida.

Índice

CAPITULO I - Introdução	14
1. Introdução.....	15
CAPÍTULO II – Revisão de Literatura	17
2. Revisão de Literatura.....	18
2.1. Introdução.....	18
2.2. Avaliação Tradicional de Investimentos	19
2.3. Opções Reais	23
2.3.1. Metodologias de avaliação	24
2.3.2. Análise das opções reais vs análise tradicional	25
2.3.3. Tipos de opções reais	26
2.3.4. Limitações das opções reais	30
2.3.5. Investigação no domínio das opções reais	31
2.4. Opções reais no mercado imobiliário	33
CAPÍTULO III – Metodologia de Avaliação.....	43
3. Metodologia de Avaliação.....	44
3.1. Introdução.....	44
3.2. Modelo de Avaliação de Quigg.....	45
3.2.1. Inconsistência dos pressupostos do Modelo de Quigg.....	52
3.3. Modelo Binomial e Trinomial.....	53
CAPÍTULO IV – Estudo Empírico	59
4. Estudo Empírico	60
4.1. O setor imobiliário Português e as suas características.....	60
4.1.1. Evolução do Mercado da Habitação em Portugal	61

4.1.2. Oferta de Edifícios de Apartamentos Novos.....	63
4.1.3. Preços de Transação por m ² de Apartamentos	64
4.2. Análise de dados.....	66
4.2.1. Despesas de construção por m ² dos Edifícios de Habitação (x_1)	66
4.2.2. Preços de Transação de Apartamentos por m ² (x_2)	68
4.2.3. Dimensão dos Edifícios Concluídos para Habitação Familiar, em m ² (q)	68
4.2.4. Despesas fixas de construção dos edifícios de habitação (f).....	70
4.2.5. Taxa de juro sem risco (i)	70
4.2.6. Parâmetro de escala das despesas de construção (γ)	71
4.2.7. Rendimento do Terreno Inexplorado (β).....	72
4.2.8. Elasticidade escala-preço dos edifícios de apartamentos (\emptyset)	72
4.2.9. Desvio-padrão e Variância das Despesas de Construção (σ_x e σ_{x2}).....	73
4.2.10. Desvio-padrão e variância do preço dos edifícios de apartamentos (σ_p e σ_{p2})	74
4.2.11. Coeficiente de Correlação entre X e P (ρ_{xp}).....	75
4.2.12. Rendibilidade Ajustada ao Risco do Preço dos Edifícios (v_p).....	76
4.2.13. Rendibilidade Ajustada ao Risco para as Despesas de Construção (v_x).....	77
4.3. Análises Estatísticas dos Parâmetros do Modelo	78
4.3.1. Região Norte.....	79
4.3.2. Região Centro.....	82
4.3.3 Área Metropolitana de Lisboa.....	85
4.3.4. Região Alentejo.....	88
4.3.5. Região Algarve.....	91
4.3.6. Região Autónoma dos Açores.....	94
4.3.7. Região Autónoma da Madeira.....	98

4.4. Resultados Empíricos	103
4.4.1. Resultados da Aplicação do Modelo de Quigg (1993).....	103
4.4.2. Resultados dos Modelos Binomial e Trinomial	109
CAPÍTULO V – Conclusão.....	122
5. Conclusão	123
BIBLIOGRAFIA	127

Índice de Tabelas

Tabela 1. Evolução do mercado habitacional em Portugal, no período de 2008 a 2015.	61
Tabela 2. Comparação entre o número de licenças concedidas e o número de obras concluídas, no período de 2008 e 2015.	62
Tabela 3. Indicadores das construções de edifícios novos para habitação familiar, entre 2008 e 2015.	62
Tabela 4. Evolução da oferta de edifícios de apartamentos novos entre os anos de 2008 e 2015.	63
Tabela 5. Evolução da superfície habitável e total (m ²) dos edifícios concluídos de construções novas para habitação familiar, no período de 2008 a 2015.	64
Tabela 6. Distribuição dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar pelo número de pavimentos, 2008-2015.	64
Tabela 7. Preços médios de venda em € por m ² de apartamentos novos em Portugal: 2008-2015.	65
Tabela 8. Preços médios de transação em € por m ² de apartamentos novos a nível regional: 2008-2015.	65
Tabela 9. Despesas de construção dos edifícios de habitação portugueses, em €, por m ²	66
Tabela 10. Coeficientes de localização por regiões, por NUTS II de 2013.	67
Tabela 11. Despesas de construção por regiões NUTS II de 2013, em €, por m ²	68
Tabela 12. Número de edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar, em Portugal, por regiões: 2008-2015.	69
Tabela 13. Superfície total dos pavimentos dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar, em m ² , em Portugal, por regiões: 2008-2015.	69

Tabela 14. Área média total, por edifício concluído, em construções novas para habitação familiar, por Regiões, em m^2	70
Tabela 15. Número de Edifícios de Apartamentos, por Regiões, de 2008 a 2015.	70
Tabela 16. Taxa de Rendibilidades das OT a 10 anos.....	71
Tabela 17. Despesas médias totais de construção por região, em €.	73
Tabela 18. Desvio-padrão e variância das despesas de construção para cada região (X).	74
Tabela 19. Preço médio global dos Edifícios de Apartamentos por regiões, em €.	74
Tabela 20. Desvio-padrão e variância do preço dos edifícios de apartamentos, por regiões, em €.	75
Tabela 21. Coeficiente de correlação entre X e P , por regiões.....	75
Tabela 22. Resultados obtidos da Rendibilidade Ajustada ao Risco para o Preço dos Edifícios de Apartamentos Novos.	77
Tabela 23. Variáveis comuns que compõem o cenário base do modelo.	104
Tabela 24. Valores de P e X para todas as regiões no cenário base.	104
Tabela 25. Resultados do cálculo dos parâmetros z , w^2 , j , k , z^* e A para o cenário base.	105
Tabela 26. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em € por Regiões.	105
Tabela 27. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em € por Regiões, considerando $\gamma = 0,9$	106
Tabela 28. Valores de z e z^* por Regiões considerando $\gamma = 0,9$	107
Tabela 29. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em €, por Regiões, considerando $\beta = 5\%$	107
Tabela 30. Resultados do cálculo dos parâmetros z , w^2 , j , k , z^* e A , considerando $\beta = 5\%$	108

Tabela 31. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em €, por Regiões, considerando $\rho = 0$	108
Tabela 32. Variáveis base comuns ao Cenário Base e ao Cenário 1.....	109
Tabela 33. Modelo Binomial referente ao Cenário Base (5 anos) e Cenário 1 (10 anos), com 1 subperíodo.	117
Tabela 34. Modelo Trinomial referente ao Cenário Base (5 anos) e Cenário 1 (10 anos), com 1 subperíodo.	117
Tabela 35. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e de Black e Scholes (1973) por Regiões, para $t = 5$ anos.....	118
Tabela 36. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e de Black e Scholes (1973) por Regiões, para $t = 10$ anos.....	119
Tabela 37. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos para os diferentes Modelos, para o Cenário Base.....	120
Tabela 38. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos para os diferentes Modelos, para o Cenário Base.....	120
Tabela 39. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$, Modelo Binomial e Trinomial.	121

Índice de Figuras

Figura 1. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Norte...	79
Figura 2. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Norte.....	80
Figura 3. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Norte.	80
Figura 4. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional para a Região Norte.....	81
Figura 5. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região do Norte.	82
Figura 6. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Centro.	82
Figura 7. Função Despesas de Construção do Edifício e Estatísticas da Região Centro.	83
Figura 8. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Centro.....	84
Figura 9. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Centro.....	84
Figura 10. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Centro.	85
Figura 11. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.....	86
Figura 12. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.	86
Figura 13. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.	87
Figura 14. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Área Metropolitana de Lisboa.	87
Figura 15. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos na Área Metropolitana de Lisboa.	88

Figura 16. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Alentejo.	89
Figura 17. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Alentejo.	89
Figura 18. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Alentejo.....	90
Figura 19. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Alentejo.....	90
Figura 20. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos na Região Alentejo.	91
Figura 21. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Algarve.	92
Figura 22. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Algarve.	92
Figura 23. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Algarve.....	93
Figura 24. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Algarve.....	93
Figura 25. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Algarve.	94
Figura 26. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.	95
Figura 27. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamento e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.	95
Figura 28. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.	96
Figura 29. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Autónoma dos Açores.....	97

Figura 30. Análise Tornado à função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos da Região Autónoma dos Açores.	98
Figura 31. Função Preço do Edifício de Apartamentos da Região Autónoma da Madeira.	99
Figura 32. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas do Região Autónoma da Madeira.	99
Figura 33. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Autónoma da Madeira.	100
Figura 34. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Autónoma da Madeira.	101
Figura 35. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Autónoma da Madeira.	102
Figura 36. Modelo Binomial para a Região Norte referente ao Cenário Base.	110
Figura 37. Modelo Binomial para a Região Centro referente ao Cenário Base.	111
Figura 38. Modelo Binomial para a Região Área Metropolitana de Lisboa referente ao Cenário Base.	112
Figura 39. Modelo Binomial para a Região Alentejo referente ao Cenário Base.	113
Figura 40. Modelo Binomial para a Região Algarve referente ao Cenário Base.	114
Figura 41. Modelo Binomial para a Região Autónoma dos Açores referente ao Cenário Base.	115
Figura 42. Modelo Binomial para a Região Autónoma da Madeira referente ao Cenário Base.	116

CAPITULO I - Introdução

1. Introdução

A análise de opções reais surge como o novo paradigma da gestão na avaliação do valor potencial de ativos. Nesta análise pretende-se conjugar o ambiente de incerteza e o tempo ótimo na decisão de investimento.

Neste sentido, utilizar-se-á o modelo de avaliação de opções reais, apresentado por Quigg (1993), na exploração de terrenos com viabilidade para a construção de apartamentos novos, em Portugal. Teremos em consideração o preço de transação dos terrenos, incorporando a opção de diferimento da construção e o valor atual dos edifícios de apartamentos.

A análise de opções reais permite estimar o incremento de valor produzido pela flexibilidade da gestão, através da opção de diferimento, na tomada de decisão de iniciar ou diferir o projeto, de forma a maximizar o valor do projeto de investimento.

O valor da flexibilidade provém da existência de incerteza futura relacionada com os preços de transação e do *timing* do projeto. Note-se que nestes projetos, a despesa de investimento, ou seja, o preço de exercício da opção, tem carácter irreversível.

Na análise de opções reais, ao contrário da análise tradicional de avaliação de investimentos, o valor do projeto incorpora o valor da flexibilidade da gestão para adequar e retificar decisões futuras. Deste modo, pode-se afirmar que tanto a incerteza como a flexibilidade modificam a estrutura de fluxos de caixa esperados e as especificações do risco de um determinado ativo.

Efetivamente, os preços de mercado das transações imobiliárias incluem um prémio que reflete a presença das opções. Deste modo, pretende-se calcular o valor das opções para esclarecer a causa da sua existência e justificar o comportamento dos preços de mercado.

A presente dissertação é composta em cinco capítulos: Introdução, Revisão de Literatura, Metodologia de Avaliação, Estudo Empírico e Conclusão.

O capítulo da Revisão de Literatura terá como objetivo principal a síntese da investigação académica efetuada no domínio das opções reais. Esta exposição irá ter uma particular incidência nos trabalhos realizados no âmbito da avaliação de opções reais com aplicabilidade ao setor.

Relativamente ao capítulo da Metodologia, este será responsável pela apresentação do modelo de avaliação de opções reais e respetivos pressupostos. O modelo base que irá suportar o presente trabalho reporta-se ao trabalho desenvolvido e analisado por Quigg (1993), o qual irá ser alvo de algumas modificações em termos de pressupostos pela necessidade de adaptação à realidade do mercado imobiliário português.

O capítulo destinado ao Estudo Empírico dedicar-se-á à caracterização do setor imobiliário português, mais concretamente o mercado de apartamentos novos, e apresenta e analisa os principais resultados empíricos obtidos mediante a aplicação dos modelos de avaliação de opções reais.

Finalmente, o capítulo referente à conclusão apresentará os resultados mais importantes que foram alcançados ao longo do trabalho.

CAPÍTULO II – Revisão de Literatura

2. Revisão de Literatura

No presente capítulo será feita uma síntese histórica dos diversos trabalhos de referência no domínio das opções reais. Deste modo, será dada ênfase às várias metodologias de avaliação de investimentos e aos contributos das mesmas para o estudo a desenvolver.

Primeiramente, serão apresentadas de forma breve as diversas abordagens às opções reais. De seguida, irão ser realçados os seus contributos, insuficiências e limitações a ter atenção quando se avalia projetos de investimento. Para além do ponto anterior, ainda serão referidos os diferentes tipos de opções reais e as suas aplicações nos projetos de investimento em ativos reais. No final do capítulo, os estudos que contribuíram para o aprofundamento dos conhecimentos no âmbito das opções reais são o objeto a trabalhar.

2.1. Introdução

O método de avaliação de investimentos em ativos reais tradicionalmente utilizado é o Valor Atualizado Líquido (VAL). A aplicação desta metodologia traduz-se na atualização dos fluxos de caixa líquidos futuros a uma taxa, que expressará o risco incorrido (Brennan e Schwartz, 1985; e Trigeorgis, 1996). O objetivo de qualquer método de avaliação é a tomada de decisão, mais propriamente a decisão entre aceitar ou não o projeto de investimento, supondo que as empresas detêm os ativos de forma passiva. Contudo, esta avaliação torna-se inadequada na atualidade, uma vez que não incorpora a flexibilidade que a gestão de projetos dispõe para adaptar e rever as decisões futuras. Note-se que a flexibilidade e a incerteza em momentos de decisão futuros modificam toda a estrutura dos fluxos e, por isso, empregar um modelo estático, como o

VAL, resultaria numa subvalorização do valor do ativo em questão (Dixit e Pindyck, 1994).

O método de avaliação de opções reais capta o valor das opções incorporadas nos ativos e a flexibilidade da gestão estratégica das organizações. Possibilitando aos gestores a escolha do melhor momento para a implementação do projeto e diminuindo a incerteza do investimento (Brennan e Schwartz, 1985; Quigg, 1993; e Luehrman, 1998). Estes métodos de avaliação mostram que os projetos de investimento devem ser avaliados de forma dinâmica, tornando possível a criação de valor para as empresas (Majd e Pindyck, 1987; Dixit e Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996; entre outros).

No momento da tomada de decisão, a gestão pode optar por diferir o início do projeto, abandoná-lo ou expandir o investimento. Saliente-se que o direito termina no final do prazo definido para o exercício da opção, o qual tem um custo pré-definido – preço de exercício (montante de investimento).

2.2. Avaliação Tradicional de Investimentos

Neste subcapítulo será feita uma abordagem à avaliação tradicional de investimentos. Para este efeito serão referidos os condicionalismos (insuficiências e limitações) desta teoria, bem como os métodos encontrados para os ultrapassar.

Apesar da grande utilização da avaliação tradicional, é possível identificar algumas insuficiências e limitações na mesma, como, por exemplo, o facto de a aplicação desta metodologia conduzir à subavaliação das oportunidades de investimento, resultando, maioritariamente, em decisões míopes, investimento ineficiente e perdas de competitividade (Black e Scholes, 1973; e Merton, 1973). Tentando solucionar esta ineficiência, Trigeorgis (1991), Cortazar e Schwartz (1997) e Winston (1999) defendem

a aplicação da simulação e análise de árvores de decisão, para captar o valor da flexibilidade operacional futura.

Outra crítica mencionada centra-se no facto de a importância dada aos fluxos excecionalmente positivos ou excecionalmente negativos ser a mesma. Isto é observável no cálculo do investimento, pois os fluxos de caixa esperados são atualizados a uma determinada taxa que deverá expressar o risco real do projeto de investimento.

Realce-se que existe consistência entre a avaliação de investimentos baseada na metodologia tradicional do VAL e o princípio da maximização do lucro dos investidores. Além disso, este princípio racionaliza as perdas de consumo atual objetivando alcançar maiores rendimentos futuros esperados. De forma a considerarem todos os efeitos da incerteza, surgiram metodologias complementares à avaliação tradicional, nomeadamente a simulação de Monte Carlo (Boyle, 1977), a análise de sensibilidade e as árvores de decisão (Cox, Ross e Rubinstein, 1979; Boyle, 1988; e Smith e Nau, 1995).

É de salientar que a avaliação tradicional admite que os mercados são completos, ou seja, é possível compor uma carteira de títulos perfeitamente correlacionada com o mercado em que se insere o projeto. Todavia, nem sempre este pressuposto é aplicável à realidade, uma vez que é difícil estimar a taxa de atualização dado os diversos tipos de incerteza. De modo a comprovar isso, a teoria das opções reais pode ser completada com a análise de decisão e, ainda, estipular um intervalo de valores para o projeto quando este se encontrar num mercado incompleto, argumentam Smith e Nau (1995). Defendem também que o processo de análise de decisão e a análise de valorização das opções irão obter resultados coerentes, se as preferências de tempo e risco forem conseguidas através da função utilidade e se as oportunidades de mercado forem reconhecidas e planeadas.

A maior desvantagem da avaliação tradicional é a sua incapacidade de considerar a flexibilidade de gestão e não incorporar a informação adicional no valor dos projetos. Esta desvantagem é considerada uma das vantagens das opções reais. Esta realidade tem consequências inegáveis, designadamente a gestão do projeto é feita de forma passiva e torna-se mais difícil a previsão dos fluxos líquidos de caixa. Num cenário oposto de investimentos em ativos reais, a gestão torna-se mais ativa dado que os gestores dispõem de informação adicional sobre a realidade do mercado, a qual aproveitam para apropriar as suas decisões estratégicas ao novo cenário, com o objetivo de capitalizar oportunidades de ganhos potenciais ou a redução/eliminação de perdas (Brennan e Schwartz, 1985; Kemna, 1993; e Dixit e Pindyck, 1994).

Outra dificuldade identificada por Brennan e Schwartz (1985) na metodologia tradicional é não ponderar o impacto da flexibilidade das decisões estratégicas no grau de risco do projeto. Daí resulta que, quando se verifica alterações ao cenário inicial, a gestão opte por abandonar o projeto, reduzindo o risco perante a possibilidade de recuperar uma parcela do capital já investido. Com o propósito de incorporar os efeitos da flexibilidade estratégica da gestão são feitos ajustes arbitrários na taxa de atualização dos fluxos de caixa (Kemna, 1993; e Dixit e Pindyck, 1994). É de salientar que a taxa de atualização irá variar consoante o tempo e o fluxo, visto que os riscos inerentes aos fluxos de caixa são diferentes (Fama, 1977).

Devido a ampliação do horizonte temporal, haverá mais incerteza no projeto, levando a que o valor do mesmo diminua, isto foi concluído por Mun (2002). No que toca à análise de opções reais, o valor das opções reais do projeto aumenta com a incerteza e com o tempo existente para a tomada de decisão de exercício da opção, aumentando o valor global do projeto de investimento. Assim sendo, quanto maior for o

valor global, menor será o impacto negativo da incerteza no valor base do projeto, apurado pelo VAL.

Ignorar o custo de oportunidade dependente da execução imediata e irreversível do investimento constitui mais uma crítica à avaliação tradicional. Realce-se que o custo de oportunidade traz interesse e valor potencial ao diferimento dos investimentos, visto que o momento da tomada de decisão ótima está diretamente relacionado com a incerteza associada aos rendimentos. Na tomada de decisão deve ser ponderado o investimento inicial, os fluxos de caixa futuros atualizados e o custo de oportunidade ligado à eliminação da opção de investimento consequente do investimento imediato (Ingersol e Ross, 1992; Quigg, 1993; Kemna, 1993; Dixit e Pindyck, 1994; Couto, 2006; e Oliveira, 2007).

Trigeorgis (1996) e Madj e Pindyck (1987) apresentam dois tipos de incerteza: económica e técnica, respetivamente. Enquanto a incerteza económica advém de fatores exógenos ao projeto de investimento e, portanto, alheia ao processo de tomada de decisão. Neste contexto, Trigeorgis defende que quanto maior a incerteza, maior será o horizonte temporal para o diferimento. A incerteza técnica resulta de fatores endógenos ao projeto. Neste sentido, Madj e Pindyck sugere a criação de um programa sequencial para realização do investimento que minimize a incerteza técnica do projeto.

McDonald e Siegel (1986) defendem que a adoção de políticas de investimento sub-ótimas leva a perdas de valor que poderão ser substanciais. É importante realçar que segundo a avaliação tradicional, deve-se investir quando o VAL do projeto de investimento é superior a zero, contudo isto só é válido, se a variância do valor atual dos proveitos e custos futuros for nula ou se a taxa de crescimento esperada do valor atual for “menos infinita”.

Mais uma limitação é apresentada por Myers (1984), esta consiste no facto de as metodologias tradicionais de avaliação não captarem as interdependências sequenciais entre investimentos ao longo do tempo. Deste modo, propõe que a avaliação deste tipo de investimentos seja feita através da aplicação de opções reais.

Em suma, conclui-se que a avaliação de opções reais contribui para compreender as variáveis que compõem o investimento e para a resolução das “falhas” apresentadas pelos métodos tradicionais de avaliação de projetos de investimento, como, por exemplo: a incorporação da flexibilidade da gestão estratégica, o tratamento da incerteza, o carácter irreversível do investimento e a identificação dos custos de oportunidade. Neste contexto, Trigeorgis (1996) sugere que se adicione uma variável ao VAL, a qual irá representar o valor da opção referente à flexibilidade da gestão ativa.

2.3. Opções Reais

Os principais pressupostos da análise das opções reais, os diferentes tipos de opções reais e a aplicação da avaliação das opções reais são os temas a abordar neste subcapítulo.

No atual contexto de globalização, o mercado caracteriza-se pela constante mudança, incerteza e interações competitivas. Assim sendo, para as empresas terão de adaptar/alterar as suas estratégias com alguma frequência, isto só é possível se a gestão possui alguma flexibilidade. Esta flexibilidade dará à gestão a oportunidade de diferir, expandir, contrair, abandonar ou modificar um determinado projeto de investimento em qualquer fase.

O valor de uma gestão ativa é observado com uma coleção de opções reais contidas nas oportunidades de investimento de capital, sendo o ativo subjacente o valor global do projeto, defende Trigeorgis (1993).

2.3.1. Metodologias de avaliação

Numa tentativa de solucionar todos os dilemas apresentados no âmbito das opções reais, Black e Scholes (1973) e Merton (1973) estipularam um método de avaliação de opções financeiras capaz de responder ao problema dos direitos contingentes – permitindo a incorporação do conceito de gestão ativa na avaliação de opções reais.

Este novo paradigma da avaliação de investimentos suscitou grande interesse, conduzindo a várias investigações e, conseqüentemente, a trabalhos de referência na área, como, por exemplo, os publicados por Brennan e Schwartz (1985), Paddock *et al.* (1988), Quigg (1993), Dixit e Pindyck (1994), Berger *et al.* (1996) e Trigeorgis (1996). Saliente-se que as investigações permitiram adicionar novas componentes a esta metodologia, como é o caso da visão estratégica (Kester, 1984), do efeito do diferimento, (McDonald e Siegel, 1986) e da análise do efeito da irreversibilidade (Pindyck, 1988).

Além disso, é conveniente destacar que o modelo de avaliação de opções reais é sustentado pelas ilações de Cox e Ross (1976), principalmente a ideia de que possuindo uma carteira de títulos transacionáveis equivalentes à opção pode-se replicar a mesma. Note-se que os títulos reprodutores transacionáveis¹ permitem a avaliação de opções reais em mercados completos intrínseco a projetos de investimento, quando a transação dos ativos reais em questão não se confirma.

¹ Títulos perfeitamente correlacionados e com características de risco muito semelhantes.

Relativamente à avaliação de ativos financeiros, emprega-se métodos numéricos, tais como: o processo de simulação, tome-se, por exemplo, a simulação de Monte Carlo (Boyle, 1977); os modelos de grelha e os métodos de diferenças finitas. Saliente-se que estes dois últimos métodos usam o tipo de indução regressiva, isto é, as variáveis estocásticas não lineares dependem de informação futura.

Comparativamente à teoria das opções reais, a metodologia tradicional faz uma análise passiva incapaz de apurar o valor incorporado nas opções dada a sua dependência aos acontecimentos futuros e à complexidade no cálculo real das taxas de atualização. Relembre-se que estes eventos são incertos no momento inicial da tomada de decisão. Porém, é possível utilizar análise dos direitos contingentes para avaliar este tipo de oportunidades de investimentos, considerando um ambiente neutro ao risco. Para esta análise, a gestão terá de reproduzir os fluxos de caixa do projeto de investimento comprando um número específico de ações de um título reprodutor e financiando por um empréstimo à taxa de juro sem risco, mas somente em parte. Esta teoria é baseada no princípio do equilíbrio sem possibilidade de arbitragem e origina uma solução para o valor atual do direito, independentemente das probabilidades atuais e das atitudes face ao risco dos investidores (Oliveira, 2007).

2.3.2. Análise das opções reais vs análise tradicional

Tanto Mun (2002), como Copeland e Antikarov (2003) e muitos outros defendem a complementaridade entre as duas análises. Neste sentido, enquanto a análise tradicional é mais usada em decisões que implicam uma estrutura de negócios mais linear, projetos com baixo grau de complexidade e ambientes estáveis que possibilitam previsões credíveis. A análise das opções reais deverá apresentar melhores resultados quando

utilizada em decisões empresariais de elevada incerteza e que valorizam a informação adicional, sendo mais bem-sucedida na gestão ativa de projetos existentes por meio do adiantamento dos compromissos de investimento, expansão ou abandono (Couto *et al.*, 2014).

Copeland e Antikarov (2003) afirmam que deverá ser feita sempre uma análise tradicional antes da análise das opções reais para apurar o nível de complexidade do projeto e, ainda, os diferentes tipos de incerteza intrínsecos ao mesmo.

2.3.3. Tipos de opções reais

Num único projeto de investimento podem estar aglomerados mais do que um tipo de opções, capazes de influenciarem a tomada de decisão sobre a efetivação do investimento (Couto *et al.*, 2014). É de salientar a gestão classifica e distingue os diferentes tipos de opções reais com base no tipo de flexibilidade.

Opção de diferimento

O detentor de uma opção de diferimento tem o direito de aguardar e tomar a decisão de investimento quando os preços do ativo subjacente e o valor do projeto aumentarem substancialmente, não sendo obrigado a exercer no imediato (Trigeorgis, 1993). Por isso, os gestores observam a evolução dos preços e as tendências de mercado, com intuito de ajustar as suas decisões e a analisar o momento exato – momento mais atrativo na ótica da rentabilidade - para dar início ao investimento. Após o início do investimento, a opção de diferimento termina o ciclo de vida face ao investimento inicial, sendo o valor desta perda igual ao custo de oportunidade de um investimento adicional (Amram e Kulatilaka, 1999).

Capozza e Li (1994) defendem que poderá ser ótimo diferir o investimento indefinidamente, com base em determinadas conjunturas, veja-se o exemplo quando se verifica a existência de elevadas taxas de imposto sobre as propriedades urbanas, ou um crescimento das expectativas de arrendamento de terrenos na zona.

Opção de abandono durante a construção² (numa fase intermédia)

Geralmente, ao invés de realizar o investimento inicial de uma só vez, a gestão opta por dividi-lo em desembolsos pelo horizonte temporal definido do projeto (Pindyck, 1993). Contudo, é possível que as condições do mercado se tornem desfavoráveis, pelo que o gestor terá incorporar as novas informações do mercado nas decisões estratégicas. Neste sentido, a gestão refletirá sobre a próxima fase do investimento, nomeadamente no horizonte temporal ou na execução efetiva. Note-se que as diferentes etapas de investimento planeadas podem ser vistas como uma opção sobre o valor da fase subsequente (Madj e Pindyck, 1987). Porém, só é adequada a tomada de posição, se os custos de abandono forem baixos. Saliente-se que os custos de permanecer no negócio representam as perdas incorridas para manter a produção a um determinado nível (Kemna, 1993).

Atente-se que o investimento pode ser executado por fases e, por isso, desenvolver uma das fases pode representar uma opção de abandono sobre o resultado do investimento já realizado (Trigeorgis, 1993).

Opção de expansão

Perante um mercado apelativo e uma evolução favorável dos preços, a gestão ponderará a aceleração da implementação de um novo projeto ou a expansão da escala

² *Time-to-build Option*

de operações. Para este efeito, deverá analisar as condições assim como os recursos disponíveis pela empresa, e efetuará um investimento adicional. O facto de existir este investimento adicional possibilita que se trace o paralelismo entre a opção de expansão e a opção de compra de uma parcela do projeto, sendo que o preço de exercício é o investimento adicional (Copeland *et al.*, 2000).

Opção de contração

Quando, pelo contrário, o mercado se demonstra menos apelativo comparativamente ao previsto, a gestão pode optar por contrair a sua escala de produção, diminuindo não só o investimento futuro previsto, mas também os custos operacionais. Nos projetos de investimento para a introdução de gamas novas de produtos em mercados incertos, é habitual encontrar opções deste tipo (Trigeorgis, 1993).

Opção de interrupção da produção

Quando os preços de venda são inferiores aos custos operacionais associados, a gestão pode considerar uma boa opção interromper a produção (MacDonald e Siegel, 1985). No entanto, é imprescindível apurar e analisar os custos de interrupção da situação atual do projeto de modo a garantir uma correta tomada de decisão. Este tipo de opções está presente na indústria energética e mineira (Brennan e Schwartz, 1985; e Moel e Tufano, 2002).

Opção de abandono permanente

Uma empresa detentora deste tipo de opção tem a possibilidade de, ao ver a sua posição competitiva enfraquecida ou num cenário de declínio sustentável dos preços de mercado, abandonar permanentemente o projeto. O valor do abandono associado à

opção deverá ser ponderado na tomada de decisão. Saliente-se, ainda, que o valor desta opção será maior quanto mais eficiente for o mercado de usados. Todavia, é importante realçar que devido às assimetrias de informação existentes entre os intervenientes no mercado, os preços de mercados dos equipamentos usados tendem a ser inferiores ao valor de aquisição ou de reposição (Amram e Kulatilaka, 1999; Copeland e Antikarov, 2003; Pindyck, 1991 e Quigg, 1993).

As opções de abandono podem ser consideradas como opções de venda americana, uma vez que o preço de exercício irá corresponder ao valor da alienação dos ativos ou da sua melhor utilização (Copeland *et al.* 2000).

Opção de crescimento

Utilizadas na indústria farmacêutica e em indústrias que abrangem a tecnologia de ponta e Investigação e Desenvolvimento, as opções de crescimento representam a hipótese de criar novas oportunidades de investimento e expansão, mesmo depois de a gestão já ter realizado o investimento inicial (Kester, 1984; e Dixit e Pindyck, 1994 e 1995). As opções de crescimento podem ser observadas como uma composição de interprojetos, ou seja, uma opção sobre opções (Amram e Kulatilaka, 1999).

Opção de mudança de uso

Num cenário de permutação das condições de mercado, uma opção de mudança de uso fornece à empresa a possibilidade de substituir, mudar ou alterar os seus recursos ou produtos finais. Por outras palavras, os gestores passam a dispor de uma flexibilidade adicional cujo valor deve ser agregado na avaliação do investimento sobre os ativos reais e tido em conta na tomada de decisão (Trigeorgis, 1993).

Atente-se que o tipo de tecnologia aplicada, as políticas de subcontratação e a capacidade de diversificação dos produtos finais são, sem dúvida, alguns dos fatores de flexibilidade adicional. Além disso, este tipo de opções é verificável em indústrias como a eletrônica, automóvel e farmacêutica (Copeland, Koller e Murin, 2000).

Interação entre opções

É importante realçar que um projeto de investimento poderá agregar mais do que um tipo de opções reais. Todavia, os seus valores individuais poderão não ser adicionáveis e a determinação do valor combinado será bastante complexa. Daí se conclui que o valor conjunto poderá ser superior ou inferior à soma dos valores individuais (Kulatilaka, 1993).

2.3.4. Limitações das opções reais

Como todos os métodos de avaliação, a análise das opções reais também apresenta algumas limitações. Deste modo, de seguida serão enunciados alguns exemplos das mesmas.

No decurso dos anos, os investigadores concluíram que a análise de opções reais permite não só a observância do preço, mas também a correta identificação das opções incorporadas e, ainda, a definição do *timing* ótimo (Lint e Pennings, 1998). Para além disso, a ausência de liquidez na maioria de ativos reais e a dificuldade na constituição da carteira de reprodução são apontadas como “falhas” desta metodologia. Realce-se ainda que devido à complexidade das opções reais, é mais difícil estimar a incerteza (Kemna, 1993).

Uma das fortes críticas às opções reais está diretamente relacionada com a impossibilidade de constituição de uma carteira de ativos capaz de replicar o risco e os estados de natureza do projeto, dado que encontra-se num cenário caracterizado pela inexistência de mercados completos. Neste sentido, não é possível usar a avaliação neutra ao risco, o que levanta mais um problema: qual a taxa de atualização adequada ao projeto? Perante tal questão, Dixit e Pindyck (1994) argumentam que não é possível estimar a taxa de atualização ajustada ao risco num cenário de ausência de mercados completos. O facto de se empregar o projeto de investimento como ativo subjacente na carteira de reprodução, possibilitando uma correlação perfeita, na avaliação do projeto em causa irá assegurar a aplicação da condição de neutralidade face ao risco do mesmo, defendem Copeland e Antikarov (2003).

Apesar de todas as limitações que a análise das opções reais possui, esta metodologia é adequada para assessorar a gestão a orientar e otimizar o processo de tomada de decisão, pelo que deve ser ponderada como uma opção bastante auspiciosa (Couto *et al.*, 2014).

2.3.5. Investigação no domínio das opções reais

A investigação sobre a avaliação de investimentos com recurso às opções reais são muitas e, cada vez mais, abrangem investimentos em áreas como fontes de recursos naturais, Investigação e Desenvolvimento, exploração de terrenos, novos empreendimentos, entre outras.

No domínio dos recursos naturais, o trabalho de referência pertence a Brennan e Schwartz (1985) que utilizaram as opções de interrupção temporária ou abandono como instrumento de avaliação de uma mina. Mas, existem outros investigadores com artigos

publicados como Quigg (1993) e Paddock *et al.* (1998). Relativamente a investimentos imobiliários, Titman (1985) concluiu que o valor de um terreno é formado pelo valor da possibilidade de construir um edifício no imediato e pelo valor do diferimento da construção para o momento ótimo. Esta conclusão foi possível através da indicação de uma opção de diferimento referente à exploração de um terreno baldio.

Na área da tecnologia, conseguiu-se definir o momento ótimo para incrementar uma nova tecnologia, utilizando um modelo com a presença do processo tecnológico, graças ao estudo de Farzin *et al.* (1998) e Huisman (2000). Doraszelski (2001) afirma que caso o valor do diferimento seja integrado na avaliação, haverá tendência para adiar o projeto/nova tecnologia.

A tomada de decisão referente à escolha de realocização ótima de uma entidade foi o objeto de estudo de Couto (2006). Para isto, pressupôs que a empresa estava inserida num ambiente de incerteza e recorreu a uma metodologia dedutiva da avaliação de opções reais. Esta abordagem abrange a valorização da flexibilidade da gestão inerente aos projetos, pois a sua ausência faria com que surgissem fenómenos de subavaliação considerável e erros na tomada de decisão. Através de diversas funções de distribuição, conseguiu derivar as estratégias ótimas de investimento, uma abordagem original neste tipo de análise, exemplo disso é a função exponencial truncada, que impede o corrimento de saltos na eficiência de tamanho infinito, e, ainda, a gama, que permite o uso de vários fatores de incerteza.

Roberts e Weitzman (1981) elaboraram um trabalho de referência no que toca a projetos com I&D aplicando um modelo de avaliação de projetos de investimentos na presença de investimentos sequenciais. Neste trabalho, expressam que a recolha de informação ao longo do processo apresenta uma grande importância, pois consideram

que a informação deve ser adicionada em cada fase do investimento, de modo a diminuir a incerteza do projeto.

Num ambiente competitivo, a possibilidade de exercer ou não a opção de investimento, consoante um determinado enquadramento concorrencial do projeto de investimento despertou interesse em Williams (1993) e Miltersen e Schwartz (2003).

Atente-se que quando uma empresa decide investir num mercado competitivo, os seus proveitos futuros poderão sofrer um decréscimo em virtude da entrada de novos competidores no mercado, conduzindo à diminuição do valor do projeto (McDonald e Siegel, 1986).

2.4. Opções reais no mercado imobiliário

Neste último subcapítulo, o enfoque serão as investigações que mais contribuíram para a avaliação das opções reais com aplicação ao mercado imobiliário. Assim sendo, será dado destaque à abordagem empírica de investimento em ativos reais pelo seu contributo para o presente estudo.

Segundo Quigg (1992), um terreno urbano é uma opção de compra infinitamente ativa, sendo que o seu detentor garante o direito de construir um edifício no mesmo, desde que suporte os custos afetos à construção. No atual cenário de constante mudança, nem as despesas de construção nem o preço dos edifícios são conhecidos, pelo que se for definido o tempo de execução da construção, será mais fácil definir o valor da opção e conseqüentemente os lucros.

Pela avaliação tradicional, o valor do terreno é estimado com base nos valores atuais dos fluxos de tesouraria futuros a gerar pelo terreno, assumindo que o momento da construção foi previamente definido. Naturalmente ao admitir este cálculo, está a ser

ignorada a opção de diferimento detida pelos investidores, assim, como a sua posição está a ser subvalorizada, encaminhando à tomada de decisões estratégicas inadequadas (Quigg, 1993). Utilizando a avaliação das opções reais, o momento da construção pode sofrer alterações ou mesmo ser diferido no tempo, de acordo com a conjuntura do mercado. Devido às possíveis alterações do início da obra, os investidores irão suportar mais custos. Custos, estes que devem ser incorporados no método das avaliações reais. Note-se que quanto mais custos apresentar a obra, menor será o tempo de diferimento. Por outro lado, se a construção for imediata, o custo de oportunidade do diferimento será maior e o valor do projeto irá diminuir, enquanto o incentivo ao investimento aumenta (MacDonald e Siegel, 1986).

Também Geltner (1989) demonstrou um grande interesse em avaliar terrenos urbanos, mas empregando opções financeiras - perspectiva de análise financeira. Este método teve algumas vantagens, porém acabou por apresentar muitas mais limitações, tendo Geltner chegado à conclusão de que o investimento em terrenos não seria o mais correto para avaliar com opções financeiras.

Uns anos antes, Titman (1985) havia aplicado um modelo binomial, com algumas adaptações, para avaliar opções de ativos financeiros e, mais tarde, calcular o valor do terreno. O pensamento por detrás do seu modelo consiste na seguinte ideia: “um lote inexplorado pode ser visto como uma opção de compra sobre um de muitos e diferentes edifícios, ao preço de exercício que é igual ao respetivo valor das despesas de construção”³. A decisão a tomar pelos investidores está diretamente relacionada com o *trade-off* entre os custos de oportunidade da manutenção do terreno inexplorado e o ganho esperado de construir um edifício no futuro.

³ in Titman, S. (1985). *Urban Land Prices under Uncertainty*. American Economic Review.

É de realçar que podem ser determinadas, para projetos com investimentos sequenciais e taxas máximas de construção, as regras de investimento ótimo (Majd e Pindyck, 1987). Quanto menor for a taxa máxima de construção e maior for os custos de oportunidade do diferimento, isto indica que os efeitos do momento de construção são maiores e maior será a incerteza.

Relativamente à incerteza, Capozza e Schwann (1990) deduziram que embora a incerteza técnica não tenha qualquer influência direta no preço dos terrenos urbanos, expõe um resultado positivo no preço dos terrenos inexplorados. A incerteza económica ou de mercado apesar de apresentar um efeito negativo no preço dos terrenos, tem um resultado indefinido no preço dos terrenos inexplorados.

Constate-se que o valor da opção será maior, quanto maior for a volatilidade dos preços reais do imobiliário, pressupondo que tudo resto permanece constante. A mesma volatilidade dos preços fará variar a opção de construção em qualquer momento indeterminando do tempo (Quigg, 1992).

No ano anterior, Williams (1991) havia concebido um modelo que valorizou os terrenos através de uma opção com custos de edificação, sendo capaz de determinar o momento ótimo tanto para construir como para abandonar o terreno.

De modo a entender a principal razão pela qual os terrenos continuam inexplorados, Quigg (1993) desenvolveu o seu estudo explicando que, devido à incerteza dos valores futuros das edificações, muitos terrenos são abandonados apesar representarem oportunidades de construção muito lucrativas. O proprietário do terreno para além de ter o direito a diferir a obra até o momento que considerar mais vantajoso, poderá ainda exercer outras opções como a de desenvolver o tipo de construção mais adequado ou a opção de substituição de edifícios.

Na mesma investigação, Quigg (1993) estimou o valor das parcelas de terreno através de uma equação diferencial, baseada nos modelos de Titman (1985) e Williams (1991), e comparou os resultados obtidos com os preços de mercado das parcelas do terreno em questão. Saliente-se que esta comparação, apesar de subvalorizar o valor da opção, conduziu à seguinte conclusão: “os preços de mercado refletem um prémio para a opção de diferimento do investimento, com um valor médio de 6%”⁴. Assumindo-se que o preço de mercado dos prédios é dado, a escala ótima de construção, o valor da opção e o valor intrínseco do terreno abandonado serão definidos pelo preço inicial do edifício e pelas despesas de construção. Note-se que perante um aumento da oferta, o preço dos edifícios não refletirá a descida a verificar, por isso o valor das construções tenderá a sobrevalorizar, sempre que o processo de construção dos preços dos edifícios mostrar um declive decrescente na curva da procura.

Capozza e Li (1994) argumentam que o valor da opção pode ser visto como um “prémio de crescimento líquido” e que nele estão compreendidos o “prémio de irreversibilidade”, pois a conversão dos terrenos agrícolas em urbanos é definitiva, e o “prémio de intensidade do capital aplicado”, tendo em conta que a decisão sobre o tempo e a escala são valiosas e ainda que a incerteza aumenta o valor da opção. Mais tarde, Capozza e Li (1994) completaram a sua formulação inicial com a análise do efeito das taxas de juros no investimento.

De acordo com Yanxiang e Cannaday (2004), o detentor do terreno tem o direito de optar pelo momento, dimensão e estilo da construção a efetuar, dentro dos parâmetros legais. Neste sentido, o proprietário irá exercer a opção a partir do momento em que os custos de construção forem ultrapassados pelo valor do edifício já construído.

⁴ in Quigg, L. (1992). *U of I's Laura Quigg Applies Real Options Concept to Real Estate*.

Para calcular os preços dos ativos subjacente (lote e habitação), é frequente na análise de opções reais de imobiliário utilizar-se o *Hedonic Price Model* (modelo hedónico). Deste modo, Yanxiang e Cannaday (2004), através do modelo referido anteriormente, concluíram que o valor da opção é diretamente calculado para um terreno inexplorado, pressupondo que alterar-se-á no mesmo sentido da dimensão e preço do lote. Uma das ilações tiradas por eles consiste no facto de, em média, 32% do valor de mercado dos terrenos inexplorados mostram o valor da opção de exploração e que quando a dimensão dos lotes aumenta, o valor da opção aumenta a uma taxa decrescente. Contudo, este modelo tem insuficiências como, por exemplo, o valor da opção de desenvolvimento do terreno não ser diretamente observável.

Saliente-se que Capozza e Schwann (1990) testaram o modelo de avaliação de ativos urbanos e centraram-se nas proporções empíricas do impacto do risco nos preços dos terrenos urbanos. Desta forma, o valor do imóvel inclui o valor da opção de conversão do terreno rural para urbano. É, ainda, realizada a distinção entre o risco sistemático e não sistemático aquando da conversão do terreno.

Numa tentativa de abordar a incerteza no investimento e utilizando séries de dados entre 1972 e 1992 relativas a diversas tipologias do imobiliário comercial americano, Holland *et al.* (2000) examinaram a conexão entre a incerteza e os dados estatísticos. Daí resultou uma relação negativa entre a incerteza total e a taxa de investimento para a generalidade das categorias do imobiliário comercial, no curto prazo.

Sivitanidou e Sivitanides (2000) investigaram as metodologias empíricas tradicionais sobre “novas” construções, recorrendo a séries temporais de construções comerciais, no intervalo entre 1982 e 1998, nos EUA. Observaram que as “novas” edificações contribuem para a volatilidade da procura subjacente.

No que concerne à irreversibilidade, Sing e Patel (2001) efetuaram um estudo ao mercado do Reino Unido, com foco nas decisões de investimento comparativamente às diferentes proveniências da incerteza. Realçaram que a incerteza aumenta o valor da opção, devido à falta de informação suficiente, portanto as atividades de investimento diminuem. Usando um modelo de avaliação de direitos contingentes para um único fator, com dados relativos a 2.286 trocas comerciais de propriedades em território inglês, entre 1984 e 1997, Sing e Patel (2001) determinaram o prémio da opção de diferimento para a exploração de terrenos desocupados.

Em Tóquio, Yamazaki (2001) realizou testes empíricos à metodologia de avaliação de opções reais servindo-se para o efeito de séries temporais de 4.368 preços de terrenos e de dados específicos sobre lotes de setores cruzados, para o período compreendido entre 1985 e 2000.

Um ano mais tarde, Bulan *et al.* (2002) publicaram os resultados da sua investigação sobre o risco e os novos investimentos imobiliários no Canadá. Com intuito de esclarecer a relação anterior, observaram 1.214 condomínios com exploração em Vancouver, no período de 1979-1998. Mais uma vez, concluíram que a incerteza, mais propriamente o risco sistemático e não-sistemático, faz o investidor diferir o investimento em novas oportunidades imobiliárias.

Relativamente a Yao e Pretorius (2004), estes analisaram o mercado habitacional de Hong Kong, destacando a conversão dos terrenos agrícolas para urbanos por intermédio de um sistema de *leasing*, com a contrapartida de pagar ao Estado um prémio. A tendência no mercado habitacional chinês será diferir o pagamento do prémio até o mercado se mostrar mais benéfico ao investimento, ou seja, até ao momento ótimo para a inicialização da exploração do terreno. Atente-se que este projeto de investimento acarreta uma enorme incerteza, dada a sua complexidade.

Oliveira (2007) testou o modelo de avaliação de opções reais no mercado imobiliário português, mais concretamente nos terrenos urbanos, colocando a hipótese de construção de apartamentos novos. Após o seu estudo, para o qual recorreu ao modelo de Quigg (1993), concluiu que a opção de diferimento da construção apresenta valor na avaliação de terrenos inexplorados, não devendo ser ignorado no processo de tomada de decisão da implementação do investimento.

Também Mestre (2010) investigou o mercado mobiliário português, aplicando o modelo de Samuelson-McKean (1965), de forma a incorporar a incerteza no estudo. Há semelhança dos outros investigadores, Mestre (2010) inferiu que a volatilidade tem um grande peso num projeto de investimento, observando que o valor do terreno varia no mesmo sentido da volatilidade. Assim sendo quanto maior for a volatilidade, maior será o valor do terreno e durante mais tempo o proprietário irá adiar o início da construção.

Numa forma de determinar o valor de parcelas de terreno desocupadas em Chicago, Grovenstein *et al.* (2010) recorrem ao modelo de Quigg (1993), fazendo algumas melhorias com o intuito de estimar elasticidades do custo de construção. Recorde-se que as elasticidades têm um efeito muito significativo no valor da opção, sendo essencial para a determinação da dimensão ótima do edifício a construir.

Tsekrekos & Kanoutos (2011), aproveitando tanto o trabalho de Quigg (1993) como o de Grovenstein *et al.* (2010), investigaram o mercado de compra e venda de terrenos e propriedades na Grécia. Após determinar o valor dos terrenos e o respetivo prémio, Tsekrekos & Kanoutos depreenderam que o melhor para o proprietário do terreno é adiar o projeto até o mercado apresentar condições mais favoráveis.

Recentemente, Čirjevskis e Tatevosjans (2015) aplicaram o método da análise de opções reais num estudo do caso real: um projeto de investimento relativo à compra de uma propriedade com 15 casas inacabadas na Letónia, num ambiente de volatilidade

significativa em termos de preço e custo e fortes restrições de origem regulamentar. Perante este cenário, selecionaram três opções: a opção de diferimento, esperar um ano até à incerteza do projeto diminuir, concluir a construção e vender o projeto; a opção de abandono, vender a propriedade adquirida a outra empresa rapidamente; e, a opção de expansão, acabar a construção no presente e transacionar as casas. Após a análise dos resultados, Čirjevskis e Tatevosjans (2015) concluíram que exercer a opção de abandono num cenário de significativa volatilidade de preço não é eficiente. Relativamente à opção de expansão, os autores alertam para a diferenciação entre as habitações, que influencia o tempo e valor de cada construção. A opção de diferimento é a mais aconselhável perante este cenário, dado que além do valor de venda estimado ser aceitável, esta permite à empresa letã não só planear o investimento, enquanto observa o que se passa no mercado, mas também procurar uma solução para atenuar a incerteza, através da realização de estudos de mercado.

Realçando as singularidades de cada habitação, refira-se que de acordo com Nesticò e Bencardino (2015), o valor de mercado das propriedades urbanas dependem de características como a localização, nomeadamente a área em questão e arredores e, ainda, as particularidades da própria propriedade. Neste sentido, torna-se fundamental caracterizar a cidade onde se insere o edifício, assim como todas as especificações funcionais envolventes, passando também pela análise dos prédios que rodeiam o terreno a desenvolver o projeto de investimento, como argumentam Camagni (2009) e Nesticò, Macchiaroli & Pipolo (2015).

Saliente-se que o estudo do mercado imobiliário poderá ser considerado um benefício para a cidade, visto que irá indicar os edifícios que necessitam de reabilitação, sejam elas intervenções totais ou parciais (Greco & Bencardino, 2014). Por sua vez, a reabilitação urbana será benéfica na medida em que aumentará o valor económico dos

prédios reabilitados, aumentando, conseqüentemente, o valor da cidade em questão e tornando todos os prédios, novos e antigos, em redor mais valiosos (Calabrò & Della Spina, 2014; e Morano, Tajani & Locurcio, 2015). De facto, como Martin (1968), Derycke (1972) e Orefice (1984) defendem, mesmo em épocas diferentes, existe uma relação entre o desenvolvimento urbano e o crescimento económico.

Porém, Kaklauskas *et al.* (2015) advertem para o facto de, na realidade, o valor dos prédios depender de muitos fatores, tais como a utilidade, o tamanho, a influência nas proximidades, as restrições de construção e o ambiente, para além da localização, como refere Nesticò e Bencardino (2015). No entanto, valorizar estes fatores é tarefa muito complexa, o que conduz à indagação de um processo capaz de classificar todas estas características.

Nessa sequência, surge Razzak (2015) com uma classificação do mercado imobiliário formada por duas categorias. A primeira concentrada na transação de imóveis, nomeadamente a tipologia da propriedade, valorização do prédio, a localização, as características dos prédios e dos intervenientes, entre outras. A segunda categoria centra-se na comparação através de *rating* dos investimentos imobiliários. Exemplo disso é a utilização de “*Property and Market Rating*” como instrumento multifacetado, capaz de avaliar a qualidade da propriedade (*European Property and Market Rating*, 2015; e Kalberer, 2012). Recorde-se que Floyd e Allen (2002) já haviam proposto a segmentação do mercado devido à localização imobiliária e à tipologia dos prédios transacionados.

Recentemente, Renigier-Bilozor, Bilozor e Wisniewski (2016) propõem a utilização de um “*Rating Engineering*” constituído por uma aplicação matemática juntamente com o conhecimento prático, para avaliar e facilitar a tomada de decisão no mercado imobiliário. O trabalho em questão demonstra que os *ratings* desenvolvidos

apresentam uma correlação significativa com os acontecimentos futuros do mercado imobiliário. Note-se que estes eventos têm um forte impacto no desenvolvimento imobiliário da área, assim como na sua avaliação.

É interessante realçar que Karklauskas *et al.* (2015) sugeriram a aplicação de um modelo de termómetro da crise⁵ na Lituânia para conjugar com os dados imobiliários, de modo a promover o desenvolvimento das cidades lituanas perante investidores locais e estrangeiros, assim como o crescimento económico das áreas onde se inserem as propriedades, no período após crise.

No capítulo seguinte, a ênfase será dada à metodologia de avaliação aplicada. Neste âmbito, serão identificadas e estudadas as principais linhas de orientação do presente trabalho.

⁵ *Model of crisis thermometer*, na literatura anglo-saxónica.

CAPÍTULO III – Metodologia de Avaliação

3. Metodologia de Avaliação

Este capítulo tem como principal intuito apresentar a metodologia adotada para proceder à avaliação da opção de diferimento de um projeto de investimento, neste caso, a construção de apartamentos novos num terreno inexplorado. Refira-se que, para além de apresentar a metodologia serão expostas todas as fórmulas relevantes para o trabalho, assim como os pressupostos do modelo. Deve-se, ainda, mencionar que os métodos de avaliação a estudar são modelos investigados e trabalhados por Quigg (1993), Black e Scholes (1973) e Boyle (1986).

Iniciar-se-á o capítulo com a explicação da abordagem de avaliação de opções reais assumida por Quigg (1993), explicando o modelo por este definido e referenciando os pressupostos por ele considerados. Tome-se em atenção que os pressupostos muitas vezes apresentam incoerências, e, neste sentido, haverá um subcapítulo dedicado a este tema. Finalmente, será efetuada uma breve abordagem os modelos Binomial e Trinomial e à metodologia desenvolvida por Black e Scholes (1973). Note-se que estes modelos serão apresentados e estudados para fins unicamente comparativos.

3.1. Introdução

A primeira investigação a estudar um modelo de opções reais ponderando a opção de diferimento sobre a exploração de um terreno inutilizado e, conseqüentemente, os seus resultados empíricos foi Quigg (1993). É de realçar que enquanto existir interligação entre o tempo e as despesas de investimento, haverá sempre a hipótese de adiar o investimento, ou seja, verificar-se-á a presença da opção de diferimento.

O modelo definido por Quigg apresenta um determinado valor associado ao terreno ou lotes do terreno, referente à opção de construção. Esta opção dá o direito, mas não a obrigação, de construir ou aperfeiçoar o projeto em qualquer momento. Para isso, maximiza-se o valor do terreno inexplorado em função do *timing* ótimo de forma a definir o melhor momento para efetuar reformas ou melhorias. Contudo, os investidores poderão diferir o início da construção com o intuito de analisar as evoluções do mercado local e/ou mundial, que poderão afetar o projeto de investimento.

O valor da opção de construção aumenta à medida que a volatilidade dos preços reais do projeto imobiliário e das despesas de construção aumentam, isto é, consoante o aumento da incerteza percebida do mercado. Note-se que o valor de uma opção diminui quando os investidores assumem custos mais elevados relacionados com o diferimento do investimento.

3.2. Modelo de Avaliação de Quigg

Com base no modelo de Quigg (1993), as opções reais designam os lotes/parcelas do terreno inexplorado, terrenos sobre os quais os proprietários detêm a opção de exploração.

O valor da opção é representado por uma função dos projetos de edifícios desenvolvidos em determinada zona e das respetivas despesas de construção. Uma vez que o terreno será avaliado como uma opção, o edifício a ser construído no terreno em questão será o ativo subjacente a considerar. Para o cálculo do valor da opção assume-se que o modelo é genérico, o horizonte temporal infinito e o tempo é uma variável contínua.

O proprietário de um terreno é o detentor de uma opção perpétua para concretizar um projeto de investimento, mais concretamente um edifício, na dimensão ótima e num determinado espaço de tempo considerado certo e apropriado ideal, sujeito às restrições regulamentares da área onde se insere o terreno.

A primeira função a ser apresentada é a referente às despesas de construção, X , assim:

$$X = f + q^\gamma x_1 \quad (3.1)$$

onde:

f – designa os custos fixos;

q – representa os m^2 de construção do edifício;

γ – é a escala do custo;

x_1 – corresponde à despesa de construção por m^2 .

Esta função segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB), processo muito empregue na formação de preço dos ativos, pois considera três características de elevada importância: crescimento exponencial, retornos distribuídos e o valor de um ativo não negativo (Dixit e Pindyck, 1994 e Hull, 2002). Pelo que:

$$\frac{dX}{X} = \alpha_x dt + \sigma_x dz_x \quad (3.2)$$

Destaque-se que α_x representa a taxa de rentabilidade instantânea esperada (constante) e a σ_x a variância (constante). Considere-se, ainda, que P simboliza o preço do ativo subjacente, ou melhor, o edifício, e será expresso pela seguinte fórmula:

$$P = q^\emptyset \varepsilon x_2 \quad (3.3)$$

Sendo que:

\emptyset é a elasticidade de escala do preço;

ε corresponde à função dos restantes atributos do terreno (caraterísticas, especialidade, ...);

x_2 é o preço em euros por metro quadrado dos edificios dos apartamentos novos.

Toma-se como pressuposto que a elasticidade de escala do preço é inferior a 1 ($\emptyset < 1$), quer isto dizer que existe uma relação plausível de concavidade entre o preço e a área total do edificio.

A função de preço também segue em Movimento Geométrico Browniano com α_p (constante) e uma variância constante igual a σ_p^2 , tal que:

$$\frac{dP}{P} = (\alpha_p - k_2)dt + \sigma_p dz_p \quad (3.3)$$

Atente-se que enquanto k_2 expressa os fluxos de caixa negativos associados ao edificio, ρdt será a correlação entre dz_x e dz_p .

Tome-se atenção que se a escala do custo γ ultrapassar o valor da elasticidade escala/preço \emptyset , haverá condições para a presença de retornos crescentes e decrescentes à escala.

O modelo de Quigg (1993) tem por base cinco pressupostos, os quais devem ser respeitados para a implementação do referido modelo. Primeiramente, considera-se que há uma taxa de juro sem risco instantânea, i , conhecida e constante ao longo do tempo. Esta taxa apresenta a particularidade de ser igual tanto para financiadores como para investidores. Atente-se, ainda, que os detentores dos terrenos ao serem considerados *price takers* (tomadores de preço) possibilitam a criação de um modelo parcialmente equilibrado, pois as suas decisões individuais não têm impacto suficiente para alterar o preço de mercado. E, também, que o investimento feito pelos mesmos é irreversível. O rendimento do terreno inutilizado é dado por βP . Note-se que se conjectura que os fluxos

de caixa esperados para o terreno inexplorado serão proporcionais ao valor da área desenvolvida. Por fim, requer-se, ainda, a ausência de oportunidades de arbitragem para que os direitos contingentes das despesas de construção (X) como do preço do ativo subjacente (P) sejam determinados e avaliados de uma única forma, o que não aconteceria caso houvesse oportunidades de arbitragem.

Revele-se que a avaliação é obtida recorrendo aos fluxos de caixa esperados, previamente atualizados à taxa de juro sem risco. Neste contexto, as rendibilidades ajustadas ao risco (“*risk-adjusted mean*”) serão determinadas com base nas expressões abaixo apresentadas. Saliente-se que λ simboliza o excedente da rendibilidade média por unidade de desvio-padrão, assim sendo, λ_x e λ_p são constantes.

$$v_x = \alpha_x - \lambda_x \sigma_x \quad (3.4)$$

$$v_p = (\alpha_p - x_2) - \lambda_p \sigma_p \quad (3.5)$$

Para determinar o valor do terreno inutilizado $V(P, X)$, resolve-se a seguinte equação:

$$0 = 0,5 \sigma_x^2 X^2 V_{xx} + \sigma_{xp} X P V_{xp} + 0,5 \sigma_p^2 P^2 V_{pp} + v_x X V_x + v_p P V_p - iV + \beta P \quad (3.6)$$

sujeitas às condições de delimitação adequadas.

Simplificando, admite-se que:

$$z = \frac{P}{X} \quad (3.7)$$

e

$$W(z) = \frac{V(X, P)}{X} \quad (3.8)$$

Substitui-se, chega-se a:

$$0 = 0,5w^2z^2W'' + (v_p - v_x)zW' + (v_x - i)w + \beta z \quad (3.9)$$

Considerando que,

$$w^2 = \sigma_x^2 - 2P\sigma_x\sigma_p + \sigma_p^2 \quad (3.10)$$

Com o objetivo de obter uma solução, Quigg (1993) estipula o rácio entre o preço do edifício e as despesas de construção (z), representando o *timing* ótimo para a edificação. Por outras palavras, o investidor exercerá a opção quando conseguir otimizar este rácio z^* , tendo em consideração a condição de *smooth-pasting*.

Observe-se que o valor da opção é dado pela expressão (3.11) que pode ser decomposta nas equações (3.12), (3.13), (3.14) e (3.15).

$$V(P, X) = X(Az^j + k) \quad (3.11)$$

$$A = (z^* - 1 - k)(z^*)^{-j} \quad (3.12)$$

$$z^* = \frac{j(1 + k)}{(j - 1)} \quad (3.13)$$

$$k = \frac{\beta z}{(i - v_x)} \quad (3.14)$$

$$j = w^{-2}(0,5w^2 + v_x - v_p + [w^2(0,25w^2 - v_p - v_x + 2i) + (v_x - v_p)^2]^{1/2}) \quad (3.15)$$

O cálculo do limite de $V(P, X)$ no momento em que a variância w tende para 0, proporcionará o valor intrínseco, que será dado através das funções abaixo apresentadas:

$$\begin{cases} V^I(X, P) = P - X & , \text{ para } z \geq 1 + k \\ V^I(X, P) = \frac{\beta P}{(i - v_x)} & , \text{ para } z < 1 + k \end{cases} \quad (3.16)$$

$$\quad (3.17)$$

Se se verificar que $z = \frac{P}{X}$ é superior a $1 + k$, a construção deverá ser iniciada imediatamente, ou caso opte por não iniciar a construção, o proprietário apenas receberá o rendimento que o terreno proporciona.

A variável q^* é a dimensão ótima em m^2 do edifício, também designada de escala ótima, e é calculada através do modelo inicial de Quigg (1993) pelos valores iniciais de X e P . O valor desta variável, q^* , é estimado através da maximização do valor do terreno desocupado, de modo que:

$$V(q) = P(q) - X(q) = q^\emptyset \varepsilon - (f + q^\gamma x_1) \quad (3.18)$$

sujeita a q .

Após a maximização da expressão, obtém-se a seguinte solução:

$$\begin{cases} q^* = \left(\frac{\gamma x_1}{\varepsilon \emptyset}\right)^{\gamma/(\emptyset-\gamma)} & , \text{ para } q^* < \delta \\ q^* = \delta & , \text{ para } q^* \geq \delta \end{cases} \quad (3.19)$$

$$(3.20)$$

Note-se que δ é a dimensão máxima autorizada pelas leis reguladoras da zona onde o terreno está inserido. É de salientar que se considera que o edifício será construído na escala ótima ($q^* = \delta$) e no *timing* ótimo, ou seja, pressupõe-se que o rácio do preço do edifício em relação às despesas de construção excedem z .

Assim, o terreno é avaliado como uma opção real. Tome-se em atenção que o ativo subjacente é o edifício a ser construído e que o valor do mesmo não é dado, por isso deverá ser calculado.

É importante referir o facto de Quigg utilizar o método hedónico para calcular o valor do ativo subjacente. Realce-se que a teoria hedónica centra-se em mercados que permitem que um determinado bem indefinido assuma diversos valores de um vetor de características ou propriedades z . Neste sentido, as oscilações que o preço de mercado de um bem estão sujeitas, à medida que o conjunto das suas características varia, serão

expressas pela função de preço hedónica $p(z)$. Para além do preço, a distribuição da quantidade da oferta e da procura serão determinados como uma função de z .

Quigg (1993) dividiu os dados por anos e classificou-os por categorias de atividade com o intuito de obter uma previsão dos coeficientes do modelo mais realistas. Após esta separação, é realizada uma regressão do logaritmo do preço de uma propriedade inexplorada com determinadas características para cada subamostra, de modo que:

$$\log P_i = c + \emptyset \log q_i + \psi \log LSF_i + a_1 HT_i + a_2 HT_i^2 + a_3 AGE_i + b' L_i + d' Q_i + e_i \quad (3.21)$$

Nesta expressão estão presentes sete variáveis independentes, das quais depende o preço. As duas primeiras são os logaritmos dos m^2 do edifício (q) e do lote (LSF), sendo seguido pelas variáveis HT , HT^2 e AGE representativas da altura da edificação, altura da edificação ao quadrado e idade do prédio, respetivamente. As últimas duas designam os vetores das variáveis *dummy*, deste modo, L é o vetor resultante da combinação de dados alusivos a diversas zonas da área em estudo, enquanto Q é o vetor para o momento em que a parcela do terreno é transacionada.

Quigg argumenta ainda que calcular a dimensão e altura do edifício a construir é fundamental para determinar o valor da parcela do terreno na qual irá surgir a edificação. Assim, considera que o preço do edifício é dado por $P(q) = q^\emptyset \varepsilon$ e que os investidores realizarão o empreendimento com a dimensão ótima ($q = q^*$). Atente-se que q e \emptyset presentes na expressão do preço são as mesmas constantes na função hedónica e ε é a função das demais características do imóvel.

Seguindo este raciocínio, constata-se que o valor médio das alturas dos prédios existentes na zona da construção será a altura estimada (\widehat{HT}) do prédio a construir.

Assim, o valor previsto para um edifício construído em cada uma das transações de partes de terreno inutilizadas é calculado através da seguinte expressão:

$$P_i = q_i^{*\emptyset} LSF_i^\psi \exp \{c + a_i \widehat{HT}_i + a_2 \widehat{HT}_i^2 + b' L_i + d' Q_i + e_i\} \quad (3.22)$$

em que LSF , L e Q designam a dimensão, a localização atual e a data de venda das parcelas, respetivamente.

3.2.1. Inconsistência dos pressupostos do Modelo de Quigg

Quando um método é baseado em pressupostos, estes podem apresentar “falhas”, visto que alguns pressupostos são incoerentes, afastando-se da realidade, pelo que estas “falhas” serão identificadas e explicadas de seguida.

A primeira inconsistência a apresentar está relacionada com o facto de não se considerar a possibilidade de haver um decréscimo do preço dos edifícios resultante do aumento da oferta, aquando do processo de estipulação do preço já que este é exógeno. Note-se que este processo tenderá a elevar o valor do imóvel, mesmo que o processo real de formação dos preços demonstre uma curva da procura com declive negativo. Isto significa que o valor intrínseco do prédio tenderá a estar sobrestimado, enquanto o valor do prémio da opção, por sua vez, tenderá a estar subestimado.

O preço real tenderá a ser subestimado ainda com base em mais um pressuposto. Especificando, a metodologia ao utilizar apenas os preços para os terrenos utilizados e inutilizados que são comercializados, tenderá a sobrestimar o preço real dos edifícios. Contudo, considera-se que os edifícios a construir têm os mesmos atributos visíveis e os mesmos preços marginais dos edifícios existentes. Realce-se que, assim, somente se tornará necessário controlar a depreciação dos ativos existentes.

Outro pressuposto a ter em consideração está inerente à dimensão dos prédios a construir, uma vez que se assume que a dimensão do edifício irá resultar do valor médio do tamanho dos edifícios já existentes na zona de classificação, ou seja, não se assume que o novo edifício poderá ter a dimensão máxima permitida. Esta discrepância entre valores trará um conjunto de distorções com um efeito não determinável.

Saliente-se que o preço dos edifícios não é verificável perante a opção de diferir a construção, pelo que o pressuposto do preço dos edifícios ser observável é inconsistente, o que poderá levar o detentor do terreno a tomar a decisão menos eficiente. Tome-se como exemplo o exercício da opção quando não deveria ser essa a decisão, o que resultaria numa diminuição do valor da própria opção, ou vice-versa.

Deve-se, ainda, realçar a fragilidade presente na utilização de variâncias constantes no processo de estimação das variâncias implícitas do modelo. Quando aplicadas à determinação da variação das variâncias implícitas, o referido princípio torna-se ainda mais incoerente.

3.3. Modelo Binomial e Trinomial

O principal intuito da criação dos modelos de avaliação é conseguir definir o momento ótimo para efetuar o investimento no projeto, tendo em conta que o valor atualizado é incerto e o tempo é contínuo. Porém, por vezes, o tempo é uma variável discreta, o que possibilita o uso do modelo binomial (Cox, Ross e Rubinstein, 1979).

A simulação de Monte Carlo é um método de avaliação das opções reais apropriado para avaliar projetos cujos fluxos de caixa das variáveis estocásticas não sejam lineares e sejam dependentes exclusivamente de informação passada. Para a aplicação desta

metodologia recorre-se a um algoritmo numérico, que tem por base a evolução da incerteza pelo método da indução progressiva.

Contrariamente à metodologia anterior, existem métodos a aplicar quando, mesmo que as variáveis estocásticas não sejam lineares, os dados não dependem de informação futura esperada, como acontece com os métodos de indução regressiva. O método binomial e o de diferenças finitas são dois exemplos de métodos de indução regressiva. Normalmente, aplica-se estes métodos a opções do tipo Americana, com exceção do modelo binomial. Isto acontece porque este modelo depende das condições iniciais.

O modelo binomial permite avaliar opções Europeias e Americanas, que neste último caso poderão ser exercidas em qualquer momento do tempo até ao final da maturidade da opção. A aplicação do método binomial exige que se adote um processo reversivo de cálculo para a obtenção do valor final do projeto de investimento, com integração do valor da opção em análise. Para além disso, implica a utilização do método de grelha, processo de formação do preço do edifício. Atente-se que segundo o método de grelha, o preço do ativo subjacente (S) poderá aumentar (parâmetro u) ou diminuir (parâmetro d) para um determinado período de tempo e seguindo uma determinada proporção (Cox, Ross e Rubistein, 1979).

Os movimentos dos parâmetros u e d relativos ao preço do ativo subjacente serão obtidos através das fórmulas:

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c}
 \diagup \\
 S_t \\
 \diagdown
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 S_{t+1,u} = (1 + u) \cdot S_t \\
 \\
 S_{t+1,d} = (1 + d) \cdot S_t
 \end{array}
 \end{array}
 \quad \begin{array}{l}
 (3.23) \\
 \\
 (3.24)
 \end{array}$$

Sendo que u designa o valor percentual que representa o aumento do preço do edifício (movimento ascendente) ocorrido no período $t + 1$ e subsequentes. Enquanto que d corresponde ao valor percentual que representa a descida do preço do edifício (movimento descendente) ocorrido no período $t + 1$ e subsequentes. Note-se, ainda, que o preço do ativo subjacente no momento inicial é representado S_0 e poderá assumir dois valores como é verificável abaixo:

1. $u.S_0$ com probabilidade q ;
2. $d.S_0$ com probabilidade $1 - q$.

Com o objetivo de valorizar a opção, forma-se uma carteira sem risco constituída pelo ativo e por uma posição longa numa opção de compra. Pressupondo um progresso dos preços do ativo subjacente (edifício), os valores da opção serão expressos do seguinte modo:

1. C_u - valor da opção de compra quando o preço do edifício sobe para $u.S_0$;
2. C_d - valor da opção de compra quando o preço do edifício desce para $d.S_0$.

Recordando que X é a despesa associada à construção do projeto de investimento, ou seja, o preço de exercício, o valor da opção de compra poderá ser escrito por:

$$C_u = \max(u.S_0 - X; 0) \quad (3.25)$$

$$C_d = \max(d.S_0 - X; 0) \quad (3.26)$$

No caso de haver mais um período até ao fim da maturidade da opção, a fórmula de avaliação utilizada apenas terá mais uma simples ampliação (Porfirio *et al.*, 2004).

Boyle (1986) apresenta o modelo Trinomial de avaliação de opções reais, com muitas semelhanças com o modelo binomial. O modelo trinomial caracteriza-se por considerar que o ativo subjacente evolui consoante três estados de natureza:

movimentos ascendentes (cenário otimista), descendentes (cenário pessimista) ou permanecer inalterado. Os valores percentuais correspondentes aos movimentos de subida u serão dados por $u = e^{\sigma\sqrt{3\delta t}}$, enquanto os de descida d serão solucionados por $d = e^{-\sigma\sqrt{3\delta t}}$. Realce-se que as probabilidades dos três estados de natureza são determinados por:

$$p_u = \frac{1}{6} + \sqrt{\frac{\delta t}{12\sigma^2}} \cdot \left[r - q - \frac{\sigma^2}{2} \right] \quad (3.27)$$

$$p_d = \frac{1}{6} - \sqrt{\frac{\delta t}{12\sigma^2}} \cdot \left[r - q - \frac{\sigma^2}{2} \right] \quad (3.28)$$

$$p_m = \frac{2}{3} \quad (3.29)$$

Saliente-se que, segundo Mun (2003), os resultados obtidos pelo modelo Trinomial convergem mais depressa para a valorização real da opção, apesar de no limite os resultados dos dois modelos, Binomial e Trinomial, serem iguais.

Outra metodologia a referir foi desenvolvida por Black e Scholes (1973) tendo sido o ponto de partida para o desenvolvimento do modelo para a avaliação dos fluxos contingentes. Perante as modificações inesperadas do cenário, a gestão tomará decisões baseadas no exercício dos direitos de atuação. Estes por sua vez são semelhantes aos utilizados no processo de valorização dos ativos financeiros. É importante mencionar que o modelo de Black e Scholes segue cinco pressupostos:

1. o preço do ativo subjacente adota o modelo de passeio aleatório em tempo contínuo;
2. a volatilidade do ativo subjacente é constante;
3. a taxa de juro de curto prazo é conhecida e constante no decorrer do tempo;

4. não há custos de comercialização resultantes aos processos de compra e venda do ativo subjacente (edifício) ou da opção; e
5. o ativo não paga dividendos durante o período de vida útil da opção.

Neste sentido e com base no modelo de Black e Scholes, o valor de uma opção de compra será estimado pela fórmula abaixo apresentada:

$$C = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_f \cdot t} \cdot N(d_2) \quad (3.30)$$

na qual:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r_f + 1/2 \sigma^2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (3.31)$$

e

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (3.32)$$

Saliente-se que, enquanto C representa o valor da opção de compra, S é o valor atual bruto do ativo subjacente (edifício) e X o preço de exercício. Por sua vez, t será o prazo restante até à maturidade; σ a volatilidade (desvio-padrão) do *cash flow* futuro e r_f a taxa de juro sem risco. Por fim, $N(\cdot)$ designa a função distribuição normal acumulada padronizada.

É de salientar que apesar o modelo de Black e Scholes (1973) não ser apropriado para a avaliação de ativos reais, este será aplicado apenas para comparação de resultados.

No capítulo subsequente, referente ao estudo empírico, pretende-se estudar o setor imobiliário português, enfatizando o mercado de apartamentos novos no período após crise profunda. Além disso, iremos proceder ao tratamento de dados estatísticos que serão trabalhados de modo a serem o sustentáculo de todo o estudo, a partir dos quais de obterá conclusões com a aplicação dos modelos de avaliação de opções reais de Quigg (1993), o modelo binomial (Cox, Ross e Rubinstein, 1979) e de Black e Scholes (1973).

CAPÍTULO IV – Estudo Empírico

4. Estudo Empírico

É nesta secção que vamos desenvolver todo o processo de análise empírica, desde a sua aplicação até à obtenção de resultados, utilizando a avaliação de opções reais definida para uma opção de diferimento da construção de edifícios de apartamentos em terrenos baldios.

Deste modo, o capítulo é formado por três subcapítulos. O primeiro tem por objetivo a apresentação das características do setor imobiliário em Portugal. De seguida, desenvolve-se a análise de dados oportunos para o estudo e, por fim, será realizada a análise dos resultados empíricos obtidos.

4.1. O setor imobiliário Português e as suas características

Como referido no ponto anterior, a determinação do valor de qualquer propriedade urbana está dependente das características do local onde está inserida e das particularidades próprias da propriedade em questão (Nesticò e Bencardino, 2016). É também relevante para o estudo a análise e a caracterização do setor imobiliário português.

A crise económica portuguesa teve um forte impacto no setor imobiliário o que compeliu a uma adaptação de todo o mercado perante a situação vivenciada. Verificou-se um estímulo no arrendamento em detrimento do mercado de compra e venda, assim como no mercado de reabilitação urbana em prejuízo do mercado da construção nova. No entanto, desde 2013, nota-se uma inversão de paradigma em virtude da preferência pela compra e venda de habitações e da falta de dinamização do mercado de arrendamento, incentivando, assim, a retoma do setor imobiliário.

Porém, ainda se verifica uma reduzida aposta no mercado da construção nova devido à realidade do setor financeiro português, visto que não disponibiliza financiamento relevante para construção face ao nível de incerteza sobre o futuro. Esta redução de financiamento acarreta graves consequências para o setor da construção, pois sem uma aposta no setor não é possível a estabilização dos preços que trará vantagens para todos os *players*, como por exemplo construtoras, particulares, entidades bancárias, imobiliárias, entre outras (Lima, 2017).

4.1.1. Evolução do Mercado da Habitação em Portugal

O parque habitacional registou uma evolução positiva entre 2008 e 2015, sendo notório o aumento do número de edifícios de habitação clássica no período em estudo, o que é verificável através da Tabela 1. Note-se, ainda, que apesar da evolução positiva, registou-se uma desaceleração do investimento imobiliário, o que pode ser analisado pelas variações anuais.

Tabela 1. Evolução do mercado habitacional em Portugal, no período de 2008 a 2015.

Localização	Unidade: Número							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*
Portugal	3 484 238	3 514 014	3 537 701	3 555 927	3 567 944	3 575 799	3 581 675	3 586 102
Continente	3 297 729	3 325 278	3 347 384	3 364 520	3 375 979	3 383 329	3 388 933	3 393 117
Norte	1 192 888	1 200 519	1 207 369	1 214 419	1 219 372	1 222 698	1 225 320	1 227 232
Centro	1 092 689	1 103 313	1 109 985	1 115 465	1 119 134	1 121 485	1 123 289	1 124 627
Área Metropolitana de Lisboa	439 111	443 650	448 329	450 390	451 830	452 697	453 223	453 656
Alentejo	378 885	381 034	383 149	384 772	385 722	386 270	386 717	387 071
Algarve	194 156	196 762	198 552	199 474	199 921	200 179	200 384	200 531
R. A. Açores	96 866	97 881	98 531	99 194	99 515	99 827	100 000	100 156
R. A. Madeira	89 643	90 855	91 786	92 213	92 450	92 643	92 742	92 829

Fonte: INE - Estimativas do Parque Habitacional

*previsões

Para iniciar uma obra é necessário obter licença para a construção. Portanto, a análise do número de obras concluídas e a relação desta com o número de licenças

concedidas é um bom indicador para o setor imobiliário. O número de licenças concedidas tem diminuído ao longo do tempo, porém, até 2012, o número de obras concluídas é superior ao número de licenças concedidas, o que poderá indicar que algumas das obras concluídas terão sido iniciadas nos anos anteriores. A partir de 2013, o rácio de número de obras sobre o número de licenças é inferior a 1, sugerindo que existem obras em curso. É de salientar que, segundo dados do INE, o prazo de execução efetivo das obras concluídas, em média, nesse período, é de 22 meses, aproximadamente.

Tabela 2. Comparação entre o número de licenças concedidas e o número de obras concluídas, no período de 2008 e 2015.

	Unidade: Números							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*
Nº de Licenças Concedidas	39 222	30 993	28 090	25 524	21 360	16 455	15 575	14 917
Nº de Obras Concluídas	40 803	34 053	28 790	25 689	21 733	15 430	13 585	10 972
% Nº de obras sobre o Nº de Licenças	104,03%	109,87%	102,49%	100,65%	101,75%	93,77%	87,22%	73,55%

Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas e Inquérito aos Projetos de Obras de Edificação e de Demolição de Edifícios, 2008-2015.

*previsões

Relativamente ao indicador de construção de edifícios novos para habitação familiar em Portugal, observa-se que, em média, um edifício tem dois fogos, sendo um fogo por piso. Para além disso, cada fogo tem cinco divisões, sendo 20,5m² a superfície média habitável de cada divisão.

Tabela 3. Indicadores das construções de edifícios novos para habitação familiar, entre 2008 e 2015.

Indicadores	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nº Fogos por Edifício	2,2	2,3	2,2	1,9	1,9	1,7	1,5	1,5
Nº de Fogos por Piso	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Nº de Pisos por Edifício	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0
Nº de Divisões por Fogo	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,0
Superfície média Habitável das Divisões (m ²)	19,9	19,9	20,0	20,5	20,6	21,0	20,9	20,8

Fonte: INE - 2008-2015

Deve-se realçar que estes dados correspondem a valores médios, logo não contemplando toda a realidade do mercado habitacional português. Prova disso é, por exemplo, o Algarve, em 2015, que apresentou o maior número de fogos por edifício, aproximadamente quatro fogos por edifício, com quatro divisões por fogo e uma média de superfície habitável de 17,9m², valores que diferem da média dos indicadores nacionais.

4.1.2. Oferta de Edifícios de Apartamentos Novos

A oferta de edifícios de apartamentos novos no período em estudo registou um forte declínio, dado que ao comparar as estatísticas de 2008 com 2015, é perceptível que em 2015 se registou um decréscimo próximo de 89,5% no número de edifícios de apartamentos novos registados em 2008, ou seja, menos 2.831 edifícios novos. No entanto, no período em estudo foram construídos 10.577 edifícios de apartamentos novos em Portugal.

Este forte declínio tem como principal justificação a preferência dos indivíduos pelo mercado de arrendamento no período posterior à crise financeira, como referido anteriormente.

Tabela 4. Evolução da oferta de edifícios de apartamentos novos entre os anos de 2008 e 2015.

Descrição	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nº de edifícios de apartamentos novos	3 163	2 340	1 702	1 122	810	612	496	332
Evolução em %		-26,02%	-27,26%	-34,08%	-27,81%	-24,44%	-18,95%	-33,06%

Fonte: INE - 2008-2015

Na impossibilidade de apresentar a área habitável dos apartamentos novos construídos, a tabela abaixo expõe os dados referentes aos edifícios concluídos para

habitação familiar, ou seja, moradias e apartamentos. Deste modo, entre 2008 e 2015, os edifícios novos construídos ocuparam uma área bruta de construção de 61.153.095m², sendo que cerca de 36% desta área diz respeito à área habitável dos apartamentos em questão, ou seja, 22.147.556m².

Tabela 5. Evolução da superfície habitável e total (m²) dos edifícios concluídos de construções novas para habitação familiar, no período de 2008 a 2015.

Descrição	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área habitável (AH)	5 618 631	4 654 246	3 493 382	3 493 382	1 996 950	1 245 345	950 977	694 643
Área total (AT)	17 066 276	12 892 508	9 574 103	7 053 649	6 704 349	3 734 543	2 482 967	1 644 700
Rácio AH / AT (%)	32,92%	36,10%	36,49%	49,53%	29,79%	33,35%	38,30%	42,24%

Fonte: INE - 2008-2015 (adaptado).

Quanto à distribuição dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar pelo número de pavimentos, existe uma clara predominância dos prédios com 1 a 4 pavimentos, representando sempre mais de 80%. Os edifícios com mais de 10 pisos juntamente com os edifícios de 5 a 10 pisos têm sofrido uma grande redução nos últimos anos do estudo.

Tabela 6. Distribuição dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar pelo número de pavimentos, 2008-2015.

Descrição	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Não Especificado	2	12	4	3	1	13	5	2
1 a 4 Pavimentos	2 923	2 097	1 555	1 028	732	584	479	324
5 a 10 pavimentos	164	112	74	37	23	9	8	3
Mais de 10 pavimentos	74	119	68	54	53	5	3	3

Fonte: INE - 2008-2015 (adaptado).

4.1.3. Preços de Transação por m² de Apartamentos

Os preços médios de transação de apartamentos novos, em euros por m², no período de 2008 a 2015, apresentam alguma volatilidade. De facto, é visível o decréscimo do preço do m² dos apartamentos de 2008 para 2009, em cerca de 200€. Contudo, no ano seguinte, 2010, verificou-se uma subida do preço e, em seguida, mais duas novas

descidas. A partir de 2012, em Portugal, pode-se observar uma melhoria no preço que segue uma tendência de aumento progressiva.

Tabela 7. Preços médios de venda em € por m² de apartamentos novos em Portugal: 2008-2015.

Descrição	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Preço em € por m ²	1 608,38 €	1 463,08 €	1 543,17 €	1 404,50 €	1 307,25 €	1 312,92 €	1 310,93 €	1 355,36 €

Fonte: Confidencial Imobiliário / Sistema de Informação Residencial (SIR), 2008-2015.

Numa análise mais pormenorizada dos preços médios de transação de apartamentos novos, averigua-se que, na generalidade, as regiões seguem a mesma tendência, como é observável na Tabela 8. Saliente-se que a região que apresentou preços mais altos foi a Área Metropolitana de Lisboa, contrariamente, à região Centro que registou os preços mais baixos, no período em estudo.

Tabela 8. Preços médios de transação em € por m² de apartamentos novos a nível regional: 2008-2015.

Região	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	1 426,50 €	1 235,00 €	1 213,00 €	1 174,00 €	998,50 €	1 028,50 €	1 220,50 €	1 304,50 €
Centro	-	1 447,00 €	1 533,00 €	1 282,00 €	1 187,00 €	945,00 €	1 187,00 €	952,00 €
Área Metropolitana de Lisboa	1 967,00 €	1 820,00 €	1 795,00 €	1 750,00 €	1 893,00 €	2 171,00 €	2 202,00 €	2 569,00 €
Alentejo	-	-	-	-	-	-	905,00 €	1 004,00 €
Algarve	1 845,00 €	1 728,00 €	1 975,00 €	1 511,00 €	1 376,00 €	1 329,00 €	1 399,00 €	1 382,00 €
R. A. Açores	1 195,00 €	1 189,50 €	1 313,00 €	1 282,00 €	1 098,00 €	1 107,00 €	1 076,00 €	1 068,00 €
R. A. Madeira	-	1 359,00 €	1 430,00 €	1 428,00 €	1 291,00 €	1 297,00 €	1 187,00 €	1 208,00 €

Fonte: Confidencial Imobiliário / Sistema de Informação Residencial (SIR), SREA* e DREM*, 2008- 2015.

*Note-se que os dados da Região Autónoma dos Açores e da Madeira dizem respeito aos valores médios de avaliação bancária.

Com a caracterização do setor e apresentadas as estatísticas sobre o mercado da oferta de edifícios de apartamentos novos, para os anos em análise, segue-se a explicação e exposição de todos os dados que serão aplicados no processo de análise empírica. Para além disso serão referidos todos os pressupostos assumidos.

4.2. Análise de dados

O intuito deste subcapítulo é a exposição de todos os dados e valores que serão aplicados no modelo de avaliação de opções reais, nomeadamente na opção de diferimento da edificação de apartamentos novos.

Uma das preocupações deste trabalho é a correspondência entre os dados utilizados e a realidade. Desta forma, todos os dados foram retirados de *sites* e fontes devidamente referenciadas.

4.2.1. Despesas de construção por m² dos Edifícios de Habitação (x_1)

Os valores referentes às despesas de construção apresentados nesta secção, mais concretamente na Tabela 9, dizem respeito ao valor médio de construção fixado pela Comissão Nacional de Avaliação de Prédios Urbanos (CNAPU), anualmente e publicado através de uma Portaria no Diário da República. Note-se que a partir de 2010 este valor mantém-se estagnado.

Tabela 9. Despesas de construção dos edifícios de habitação portugueses, em €, por m².

	Unidade: Euros							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Despesa de construção em €/m ²	492,00	487,20	482,40	482,40	482,40	482,40	482,40	482,40

Fonte: Portal da Habitação.

Como as despesas de construção dos edifícios de habitação não são iguais em todas as zonas do país, recorre-se aos coeficientes de localização publicado através de Portaria no Diário da República e utilizado no cálculo do Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI). É de salientar que o coeficiente de localização varia entre 0,4 e 3,5, porém, o

valor mínimo pode ser reduzido para 0,35 caso se trate de habitação dispersa em meio rural, de acordo com o art.º 42 do Código de Imposto Municipal sobre Imóveis (CIMI). Deve ser ainda referido que as acessibilidades, a existência nas imediações de equipamentos sociais, os serviços de transportes públicos e o posicionamento em áreas de elevado valor de mercado imobiliário são os fatores que têm impacto no valor dos coeficientes⁶.

Neste sentido, calculou-se o coeficiente de localização médio para cada uma das sete regiões, como se pode verificar na Tabela 10.

Tabela 10. Coeficientes de localização por regiões, por NUTS II de 2013.

Região	Coeficiente de Localização Mínimo	Coeficiente de Localização Máximo	Coeficiente de Localização Médio
Norte	0,59	1,13	0,86
Centro	0,48	1,86	1,17
Área Metropolitana de Lisboa	1,26	2,29	1,78
Alentejo	0,55	1,13	0,84
Algarve	0,61	2,25	1,43
Região Autónoma dos Açores	0,45	1,08	0,77
Região Autónoma da Madeira	0,42	1,61	1,01

Fonte: Portaria n.º 420-A/2015, de 31 de dezembro.

Uma vez obtidos os valores médios do coeficiente de localização para as regiões em estudo, multiplicou-se pelo valor médio de construção, resultando, assim, as despesas de construção, em euros por metro quadrado, para cada uma das regiões.

⁶ Redação da Lei n.º 64-B/2011, de 30 de dezembro.

Tabela 11. Despesas de construção por regiões NUTS II de 2013, em €, por m².

Região	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	421,89 €	417,77 €	413,66 €	413,66 €	413,66 €	413,66 €	413,66 €	413,66 €
Centro	575,71 €	570,09 €	564,47 €	564,47 €	564,47 €	564,47 €	564,47 €	564,47 €
Área Metropolitana de Lisboa	873,30 €	864,78 €	856,26 €	856,26 €	856,26 €	856,26 €	856,26 €	856,26 €
Alentejo	412,16 €	408,14 €	404,11 €	404,11 €	404,11 €	404,11 €	404,11 €	404,11 €
Algarve	704,38 €	697,51 €	690,64 €	690,64 €	690,64 €	690,64 €	690,64 €	690,64 €
Região Autónoma dos Açores	377,42 €	373,73 €	370,05 €	370,05 €	370,05 €	370,05 €	370,05 €	370,05 €
Região Autónoma da Madeira	499,18 €	494,31 €	489,44 €	489,44 €	489,44 €	489,44 €	489,44 €	489,44 €

Fonte: Portal da Habitação e Portaria n.º 420-A/2015, de 31 de dezembro.

4.2.2. Preços de Transação de Apartamentos por m² (x₂)

Os preços médios de transação de apartamentos novos, para o período de 2008-2015, em euros por m², foram disponibilizados pela Confidencial Imobiliário/Sistema de Informação Residencial, exceto os valores referentes aos Açores e Madeira que foram disponibilizados pelo Serviço Regional de Estatística dos Açores (SREA) e pela Direção Regional de Estatística da Madeira (DREM), respetivamente. Refira-se que a tabela associada a esta variável é a Tabela 8.

4.2.3. Dimensão dos Edifícios Concluídos para Habitação Familiar, em m² (q)

No presente ponto do capítulo expõe-se os dados referentes à dimensão dos edifícios de apartamentos, em m², que serão construídos nos terrenos disponíveis.

Inicialmente, analisou-se a série de dados correspondentes à área total, em m², da globalidade dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar, desde 2008 até 2015. Saliente-se que não foi possível obter os dados referentes somente aos apartamentos novos, pelo que se optou pela utilização dos dados indicados. Estes dados são apresentados na Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12. Número de edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar, em Portugal, por regiões: 2008-2015.

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Portugal	35 748	26 147	20 082	16 587	14 913	12 082	6 220	4 520
Norte	13 424	9 716	7 816	6 498	6 306	5 182	2 744	1 950
Centro	10 199	7 561	5 898	4 966	4 574	3 529	1 889	1 359
Lisboa	4 860	3 503	2 512	1 950	1 576	1 404	556	439
Alentejo	2 773	2 162	1 605	1 387	1 191	836	500	361
Algarve	2 384	1 800	1 217	887	622	430	233	160
R. A. dos Açores	1 194	639	440	442	317	387	194	164
R. A. da Madeira	914	766	594	457	327	314	104	87

Fonte: INE, 2008-2015.

Tabela 13. Superfície total dos pavimentos dos edifícios concluídos em construções novas para habitação familiar, em m², em Portugal, por regiões: 2008-2015.

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Portugal	17 066 276	12 892 508	9 574 103	7 053 649	6 704 349	3 734 543	2 482 967	1 644 700
Norte	6 460 681	4 837 590	3 789 419	2 859 555	2 956 496	1 618 697	1 136 524	709 127
Centro	4 520 992	3 350 572	2 641 347	2 047 273	2 132 890	1 045 323	743 072	470 541
Lisboa	2 894 789	2 240 174	1 342 339	961 795	572 897	553 152	242 238	198 526
Alentejo	971 184	739 082	572 926	417 623	512 794	169 883	127 199	92 540
Algarve	1 447 007	1 124 625	740 985	463 748	289 667	202 259	147 002	93 348
R. A. dos Açores	403 695	232 515	132 777	128 710	147 143	62 666	48 954	58 682
R. A. da Madeira	367 928	367 950	354 310	174 945	92 462	82 563	37 978	21 936

Fonte: INE, 2008-2015.

Uma vez reunidos os dados apresentados na Tabela 12 e 13, é possível estimar a área média total, em m², de um edifício de apartamentos para cada uma das regiões, no período em estudo, através do produto da superfície dos pavimentos pelo número de edifícios concluídos. Finalmente, determina-se a área total média por edifício concluído para habitação familiar, como se pode observar na Tabela 14, que será utilizada na análise de opções reais no capítulo seguinte.

Tabela 14. Área média total, por edifício concluído, em construções novas para habitação familiar, por Regiões, em m².

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média
Norte	481	498	485	440	469	312	414	364	433
Centro	443	443	448	412	466	296	393	346	406
Área Metropolitana de Lisboa	596	640	534	493	364	394	436	452	489
Alentejo	350	342	357	301	431	203	254	256	312
Algarve	607	625	609	523	466	470	631	583	564
Região Autónoma dos Açores	338	364	302	291	464	162	252	358	316
Região Autónoma da Madeira	403	480	596	383	283	263	365	252	378

Por fim, observou-se o número total de edifícios de apartamentos novos edificados entre 2008 e 2015.

Tabela 15. Número de Edifícios de Apartamentos, por Regiões, de 2008 a 2015.

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	762	598	472	311	237	205	158	117
Centro	744	504	436	297	207	146	123	65
Área Metropolitana de Lisboa	901	658	406	282	221	138	107	97
Alentejo	197	158	106	74	50	36	47	19
Algarve	447	335	211	117	65	42	43	23
Região Autónoma dos Açores	67	46	36	17	20	34	6	7
Região Autónoma da Madeira	45	41	35	24	10	11	12	4

Fonte: INE, 2008-2015.

4.2.4. Despesas fixas de construção dos edifícios de habitação (f)

A variável f assumirá o valor 0 no modelo ajustado de Quigg (1993), uma vez que os projetos de investimento em análise não consideram o processo de aquisição do terreno.

4.2.5. Taxa de juro sem risco (i)

Relativamente à taxa de juro sem risco a utilizar na avaliação da opção de diferimento da construção dos apartamentos, esta resulta da média das taxas de

rendibilidade das Obrigações do Tesouro a 10 anos para o período 2000-2015, e assume a taxa anual de 5,20%, valor observável na Tabela 16.

Tabela 16. Taxa de Rendibilidades das OT a 10 anos.

Anos	Taxa Anual
2000	5,60%
2001	5,16%
2002	5,01%
2003	4,18%
2004	4,14%
2005	3,44%
2006	3,92%
2007	4,42%
2008	4,52%
2009	4,21%
2010	5,40%
2011	10,24%
2012	10,55%
2013	6,29%
2014	3,75%
2015	2,42%
Média	5,20%

Fonte: Banco de Portugal.

4.2.6. Parâmetro de escala das despesas de construção (γ)

O parâmetro de escala das despesas de construção estabelece a relação entre as dimensões dos prédios de apartamentos e as despesas de construção dos mesmos. No modelo em estudo e à semelhança de Quigg (1993), esta variável irá variar entre 0,9 e 1 de modo a minimizar os erros de valorização e aumentar a probabilidade de se obter economias de escala.

4.2.7. Rendimento do Terreno Inexplorado (β)

Para estimar o rendimento do terreno disponível, há que mencionar o rendimento fundiário. Note-se que o rendimento fundiário equivale aos fluxos de caixa líquidos gerados pelas alternativas de utilização do terreno, para além da construção de edifícios de apartamentos.

De acordo com o art.º 112, nº 1, alínea c, do Código de Imposto Municipal de Imóveis, a taxa de imposto dos prédios urbanos oscila entre 0,3% e 0,45%. No pressuposto de que o proprietário mantém o terreno para obter lucro e não prejuízo, terá de obter, no mínimo, um rendimento no valor máximo da taxa de imposto a aplicar, ou seja, 0,45%.

No que toca ao valor máximo a ponderar, considerar-se-á a média da variação dos valores declarados de rendimentos prediais no período de 2013-2015. Este valor foi obtido através das Estatísticas de IRS disponibilizadas no Portal das Finanças, sendo de 24,91%. No entanto, por se obter um intervalo de variação muito amplo, optou-se por utilizar o valor máximo utilizado por Quigg (1993), 0,80%.

4.2.8. Elasticidade escala-preço dos edifícios de apartamentos (\emptyset)

A variável elasticidade escala-preço dos edifícios de apartamentos representa a relação entre a dimensão dos edifícios e o valor dos mesmos. Num cenário favorável, a elasticidade escala-preço deveria ser inferior a 1. Quer isto significar que o valor do edifício não aumenta proporcionalmente ao aumento verificado na dimensão dos apartamentos.

Uma vez que os preços dos edifícios estimados já incorporam o efeito da elasticidade de escala da dimensão dos edifícios de apartamentos, admite-se que o valor da elasticidade escala-preço seja de 1.

4.2.9. Desvio-padrão e Variância das Despesas de Construção (σ_x e σ_x^2)

Com a finalidade de definir o desvio-padrão das despesas de construção, estima-se as despesas médias totais de construção por região (X), as quais são observáveis na Tabela 17. As despesas médias totais correspondem ao produto entre o custo de construção de cada região por m^2 com a área média total de edifícios concluídos, para habitação familiar, em cada ano, por região, em m^2 .

Tabela 17. Despesas médias totais de construção por região, em €.

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	203 046,54 €	208 009,40 €	200 553,16 €	182 037,21 €	193 938,82 €	129 214,00 €	171 330,99 €	150 428,75 €
Centro	255 198,54 €	252 629,43 €	252 792,93 €	232 709,06 €	263 218,58 €	167 202,62 €	222 046,11 €	195 443,96 €
Área Metropolitana de Lisboa	520 168,57 €	553 028,17 €	457 560,19 €	422 331,58 €	311 261,92 €	337 351,80 €	373 055,23 €	387 220,67 €
Alentejo	144 348,94 €	139 521,47 €	144 253,92 €	121 678,01 €	173 994,42 €	82 119,78 €	102 805,85 €	103 592,05 €
Algarve	427 534,73 €	435 797,19 €	420 501,99 €	361 083,50 €	321 630,96 €	324 854,29 €	435 729,07 €	402 934,31 €
Região Autónoma dos Açores	127 605,42 €	135 991,69 €	111 668,95 €	107 758,68 €	171 768,14 €	59 921,58 €	93 378,89 €	132 410,77 €
Região Autónoma da Madeira	200 941,42 €	237 440,63 €	291 938,91 €	187 361,50 €	138 391,86 €	128 691,79 €	178 728,48 €	123 405,13 €

Fonte: Portal da Habitação e INE.

Posteriormente, calcula-se o logaritmo natural das variações anuais das despesas, de modo a calcular o desvio-padrão, σ_x . Realce-se que, uma vez obtido o desvio-padrão, a simples elevação do mesmo ao quadrado resultará na variância das despesas de construção.

Tabela 18. Desvio-padrão e variância das despesas de construção para cada região (X).

Regiões	σ_x	σ_x^2
Norte	6,80%	0,005
Centro	6,43%	0,004
Área Metropolitana de Lisboa	8,20%	0,007
Alentejo	9,86%	0,010
Algarve	5,23%	0,003
Região Autónoma dos Açores	12,76%	0,016
Região Autónoma da Madeira	12,36%	0,015

4.2.10. Desvio-padrão e variância do preço dos edifícios de apartamentos (σ_p e σ_p^2)

À semelhança do ponto anterior, primeiro, é fundamental o cálculo dos valores médios totais dos preços de edifícios de apartamentos (P), por regiões, resultante da multiplicação da dimensão média, em m^2 , pelo preço de transação dos apartamentos, no período em estudo.

Tabela 19. Preço médio global dos Edifícios de Apartamentos por regiões, em €.

Regiões	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	686 543,61 €	614 905,69 €	588 096,88 €	516 638,59 €	468 135,31 €	321 271,68 €	505 512,95 €	474 387,78 €
Centro	-	641 221,75 €	686 535,26 €	528 514,70 €	553 506,87 €	279 917,89 €	466 927,72 €	329 621,07 €
Á. M. de Lisboa	1 171 615,22 €	1 163 892,86 €	959 195,26 €	863 149,36 €	688 130,72 €	855 336,89 €	959 367,04 €	1 161 761,49 €
Alentejo	-	-	-	-	-	-	230 230,19 €	257 368,86 €
Algarve	1 119 852,31 €	1 079 640,00 €	1 202 502,36 €	789 992,37 €	640 806,74 €	625 121,42 €	882 642,91 €	806 293,35 €
R. A. dos Açores	404 033,10 €	432 827,22 €	396 218,64 €	373 317,24 €	509 662,50 €	179 253,91 €	271 518,06 €	382 148,63 €
R. A. da Madeira	-	652 799,02 €	852 968,52 €	546 655,27 €	365 041,11 €	341 032,52 €	433 460,44 €	304 582,62 €

Fonte: Confidencial Imobiliário, SREA e DREM.

De seguida, calcula-se o desvio-padrão do logaritmo natural das rendibilidades instantâneas do preço dos edifícios de apartamentos (σ_p), para cada uma das sete regiões. Consecutivamente, estima-se a variância dos preços de edifícios, apresentada na Tabela 20, com base no desvio-padrão determinado.

Tabela 20. Desvio-padrão e variância do preço dos edifícios de apartamentos, por regiões, em €.

Regiões	σ_p	σ_p^2
Norte	9,34%	0,009
Centro	13,48%	0,018
Área Metropolitana de Lisboa	7,66%	0,006
Alentejo	2,42%	0,001
Algarve	10,11%	0,010
Região Autónoma dos Açores	13,26%	0,018
Região Autónoma da Madeira	15,11%	0,023

4.2.11. Coeficiente de Correlação entre X e P (ρ_{xp})

A variável ρ_{xp} representa o coeficiente de correlação entre as despesas de construção (X) e o preço dos edifícios de apartamentos (P). Este coeficiente demonstra o nível de conexão entre as duas variáveis referidas e poderá assumir valores entre -1 e 1, sendo que 1 corresponde a uma correlação positiva perfeita.

A Tabela 21 evidencia os coeficientes de correlação verificados. O nível de correlação, na sua maioria, é bastante significativo. Nota-se, inclusive, a presença de uma correlação positiva perfeita no caso do Alentejo, indicando que quando as despesas de construção aumentam os preços de transação também aumentam. Tome-se atenção à situação do Alentejo, pois só estamos a correlacionar valores para dois anos.

Tabela 21. Coeficiente de correlação entre X e P , por regiões.

Regiões	ρ_{xp}
Norte	0,89
Centro	0,95
Área Metropolitana de Lisboa	0,77
Alentejo	1,00
Algarve	0,88
Região Autónoma dos Açores	0,97
Região Autónoma da Madeira	0,99

4.2.12. Rendibilidade Ajustada ao Risco do Preço dos Edifícios (v_p)

Como referido anteriormente na expressão 3.5, o cálculo da rendibilidade ajustada ao risco do preço dos edifícios (v_p) implica a estimativa de outras três variáveis, designadamente: a taxa média de crescimento esperada, α_p ; o excedente da rendibilidade média por unidade do desvio-padrão, λ_p ; e o desvio-padrão do preço, σ_p . Saliente-se que o σ_p já foi calculado na secção 4.2.10.

A taxa média de crescimento é estimada através da média das rendibilidades instantâneas do preço dos edifícios para cada um dos anos em análise. Note-se que a expressão a utilizar é a seguinte:

$$\ln \left[\left(\frac{P_N}{P_1} \right)^{\left(\frac{1}{N-1} \right)} \right] \quad (3.33)$$

Posteriormente, determina-se o excedente da rendibilidade média por unidade de desvio-padrão, recorrendo-se ao Rácio de Sharpe:

$$\frac{\alpha_p - r_f}{\sigma_p} \quad (3.34)$$

Uma vez calculados todos os parâmetros, determina-se a rendibilidade ajustada ao risco do preço dos edifícios (v_p). Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 22 abaixo apresentada. Note-se, ainda, que o valor estimado de v_p é menor do que a taxa de juro sem risco r_f , comprovando a inequação formulada por Williams (1991), apresentada na fórmula (3.35), perante um cenário de existência de transações no mercado.

Tabela 22. Resultados obtidos da Rendibilidade Ajustada ao Risco para o Preço dos Edifícios de Apartamentos Novos.

Regiões	α_x	λ_p	v_p
Norte	-0,026	-0,836	0,052
Centro	-0,029	-0,600	0,052
Área Metropolitana de Lisboa	-0,035	-1,142	0,052
Alentejo	0,019	-1,382	0,052
Algarve	-0,021	-0,720	0,052
Região Autónoma dos Açores	-0,021	-0,549	0,052
Região Autónoma da Madeira	-0,127	-1,185	0,052

Todavia, a utilização de valores estimados para v_p no modelo ajustado de Quigg (1993) requer a determinação de um intervalo de variação para v_p , na medida em que:

$$v_p < r_f \leq 1 + v_p \quad (3.35)$$

Calculando, obtém-se:

$$-0,948 \leq v_p < 0,052 \quad (3.36)$$

Numa breve análise aos dados da Tabela 22, é de referir que, segundo os valores obtidos, há registo de decréscimos dos preços dos edifícios de apartamentos novos, conforme verificado entre 2008 e 2015. No entanto, com o propósito de comparar os resultados com os valores obtidos por Oliveira (2007), adotar-se-á o mesmo pressuposto base do estudo: $v_p = 0,03$.

4.2.13. Rendibilidade Ajustada ao Risco para as Despesas de Construção (v_x)

Segundo Williams (1991), $v_x \geq v_p$, por outras palavras, a rendibilidade ajustada ao risco para as despesas de construção oscila de acordo com o mesmo intervalo que a rendibilidade ajustada ao risco para o preço dos edifícios. Portanto,

$$-0,948 \leq v_x < 0,052 \quad (3.37)$$

Tome-se em atenção que, pela razão evidenciada na secção anterior, o valor admitido a esta variável será de 0,03.

No subcapítulo subsequente, apresentar-se-á as análises estatísticas realizadas às principais variáveis a serem utilizadas nos modelos de avaliação de opções reais anteriormente apresentados.

4.3. Análises Estatísticas dos Parâmetros do Modelo

Esta secção tem por intuito a exposição das análises realizadas às variáveis base nos modelos de avaliação de opções reais referidas no capítulo anterior. Tome-se em atenção que as variáveis foram analisadas por regiões, pelo que esta secção inicia-se com os gráficos de previsões futuras para a função preço de um edifício de apartamentos (função P) e das despesas de construção (função X), alcançadas através da aplicação da simulação de Monte Carlo, disponível através do *software Oracle Crystal Ball*.

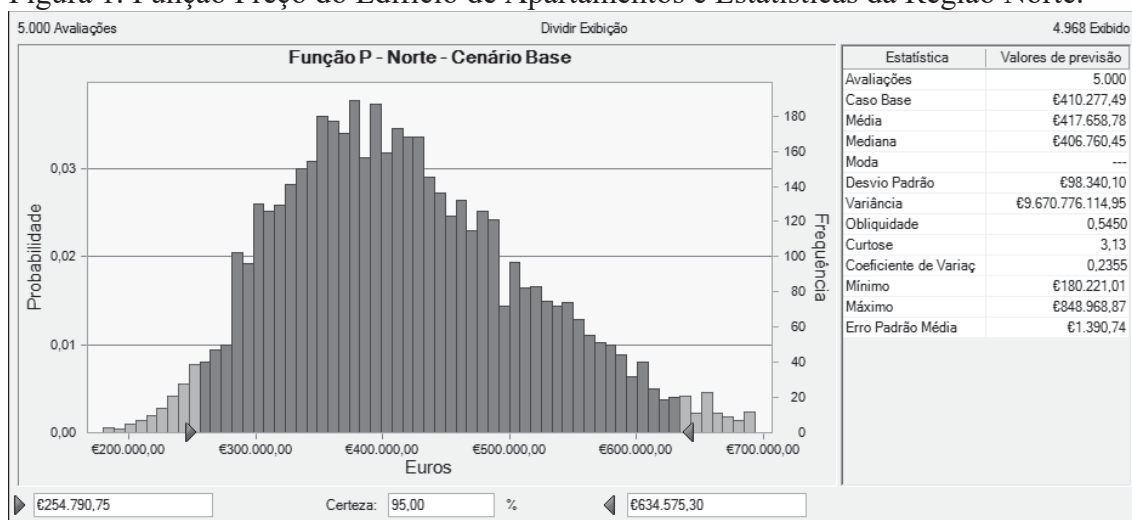
Uma vez obtidos os valores das funções P e X , serão apresentados os dados estatísticos referentes ao VAL tradicional dos terrenos ou valor intrínseco, como também é denominado. De seguida, realizar-se-á a análise de sensibilidade às diversas variáveis que compõem o modelo e a identificação do respetivo impacto no valor final dos terrenos, determinado pelo método do VAL tradicional. Finalmente, recorrer-se-á à Análise Tornado, de modo a aferir o grau de sensibilidade da função do VAL tradicional ao valor de cada variável que o constitui.

É importante realçar que para cada uma das previsões e análises de sensibilidade serão concretizadas 5.000 iterações. Para além disso, será considerado um nível de confiança de 95%.

4.3.1. Região Norte

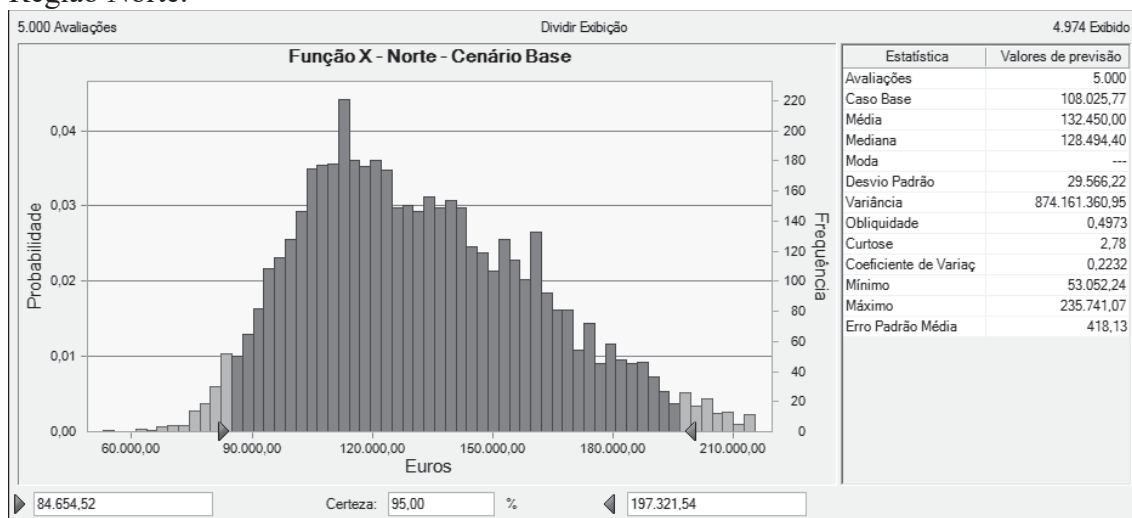
A Figura 1 demonstra a previsão da evolução da função do preço de um edifício de apartamentos para a Região Norte, após a Simulação de Monte Carlo. Note-se que após 4.968 iterações, obtém-se uma média de 417.658,78€, com um desvio-padrão de 98.340,10€ e um coeficiente de variabilidade de 0,2355.

Figura 1. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Norte.



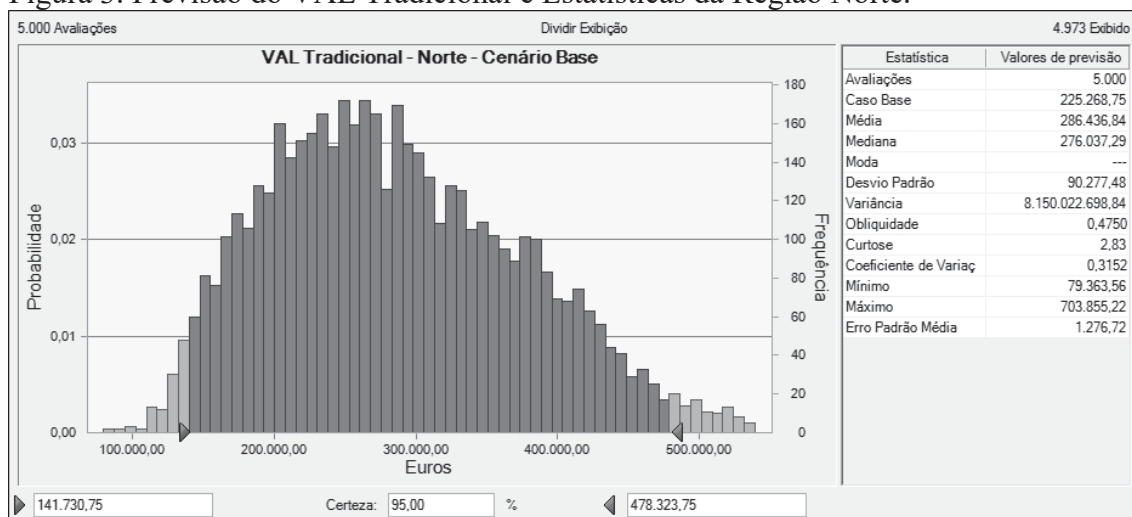
Relativamente à evolução da função das despesas de construção, é apresentada uma média no valor de 132.450,00€, para um desvio-padrão de 29.566,22€ e um coeficiente de variabilidade muito semelhante ao anterior.

Figura 2. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Norte.



Após o cálculo das previsões para o preço do edifício e para as despesas de construção, é essencial o cálculo do VAL tradicional. Note-se que o VAL resulta da diferença dos valores atualizados das previsões acima referidas. Com um coeficiente de variabilidade de 0,315 e um desvio-padrão de 90.277,48€, a média prevista do VAL tradicional é 286.236,84€, para 4.973 simulações válidas.

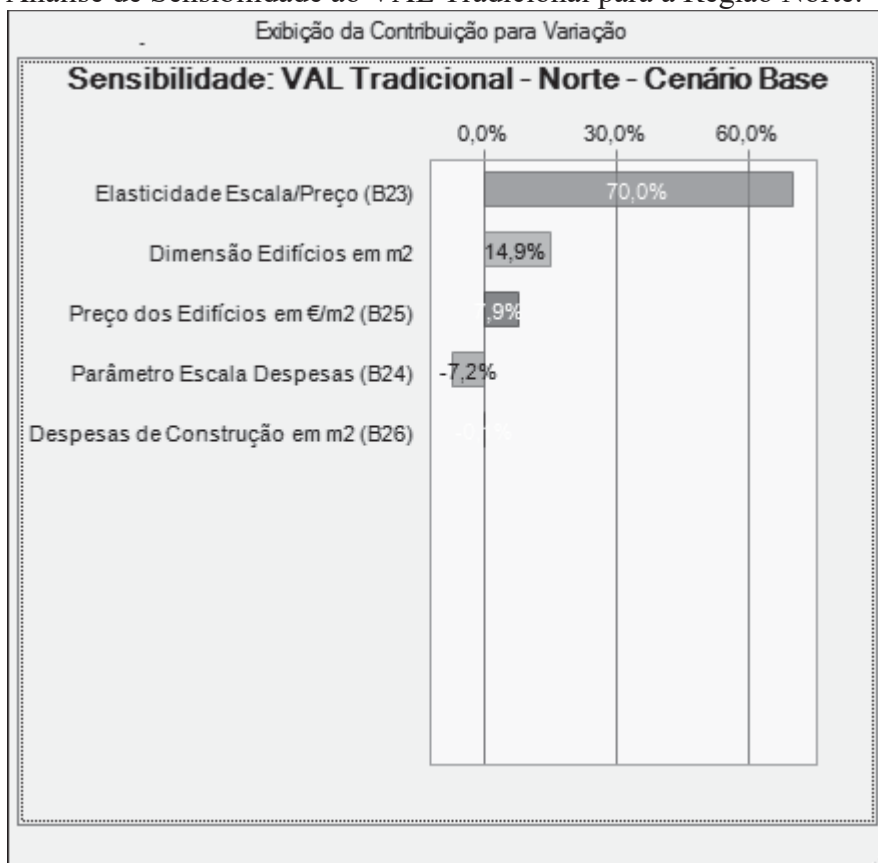
Figura 3. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Norte.



No que toca à análise de sensibilidade do VAL, a componente que mais contribui para este é a elasticidade escala/preço, seguida pela dimensão dos edifícios em m^2 . A

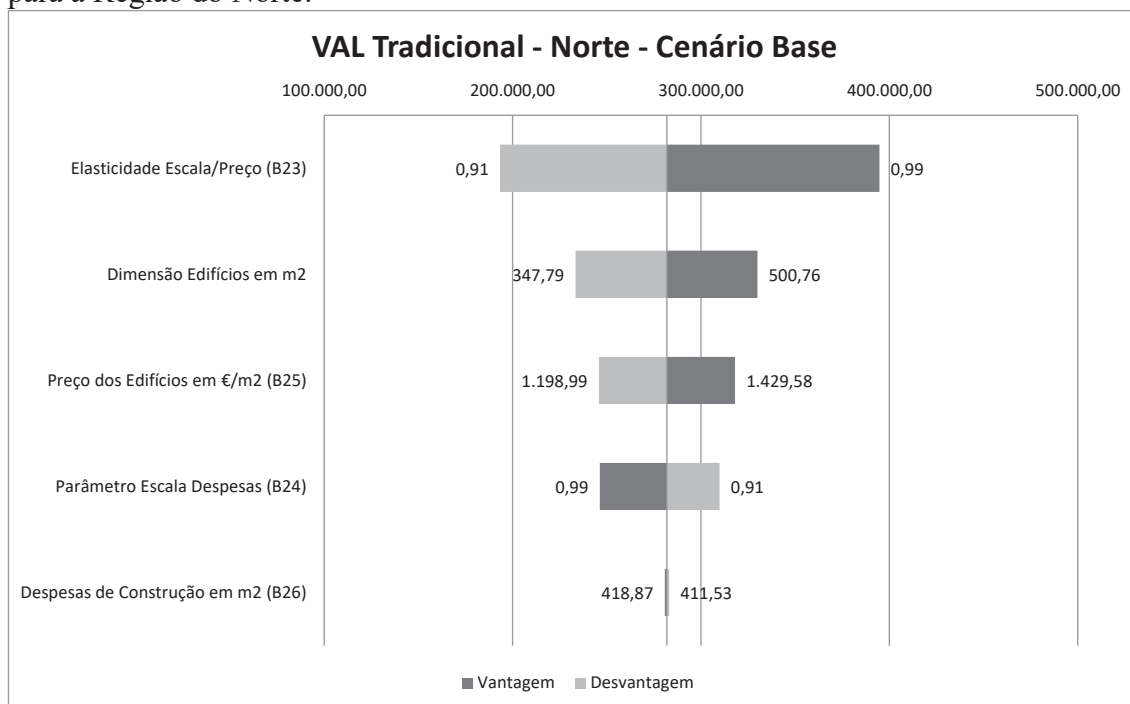
única variável com um contributo negativo, mais propriamente de -7,2%, é a escala de despesas.

Figura 4. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional para a Região Norte.



Analisando a análise Tornado presente na Figura 5, observa-se que o VAL poderá apresentar um valor próximo dos 400.000€, caso o parâmetro da elasticidade escala/preço atinja os 0,99 *ceteris paribus* para os restantes parâmetros. No entanto, caso a elasticidade seja 0,91, o VAL tradicional da região Norte será inferior a 200.000€, como se pode verificar na Figura 5.

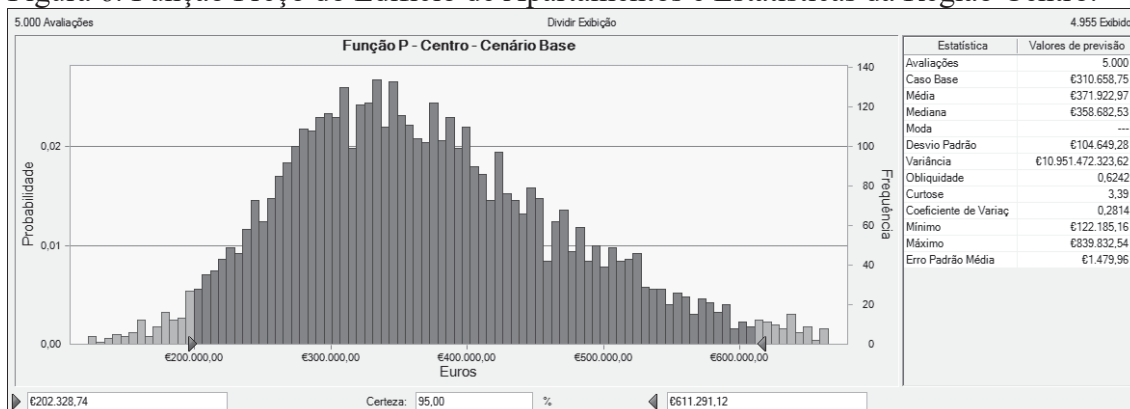
Figura 5. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região do Norte.



4.3.2. Região Centro

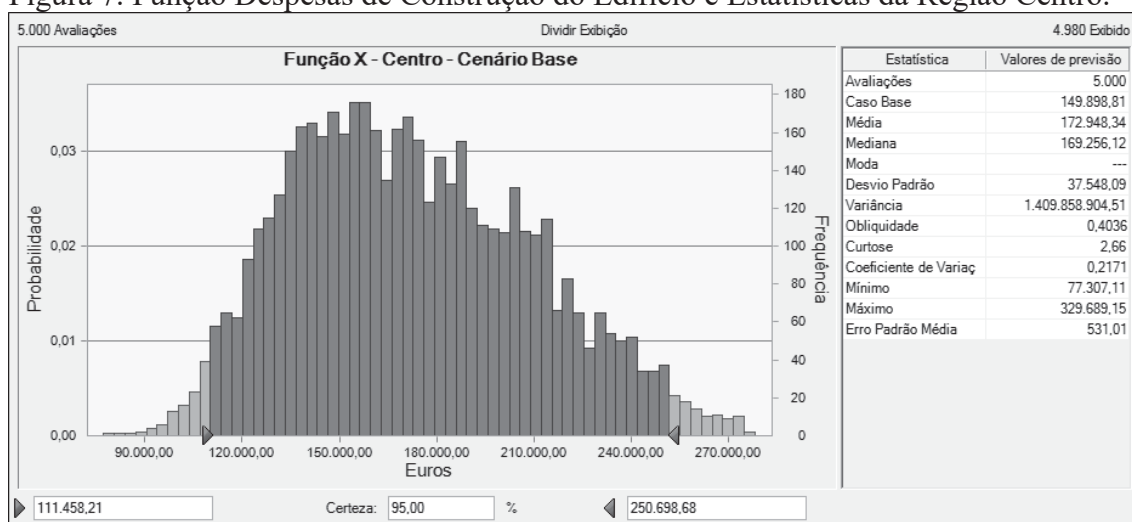
Para a região Centro, a função preço do edifício apresenta uma variação entre os 202.328,74€ e os 611.291,12€, tendo sido calculada a média de 371.922,97€ para um coeficiente de variabilidade de 0,2814.

Figura 6. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Centro.



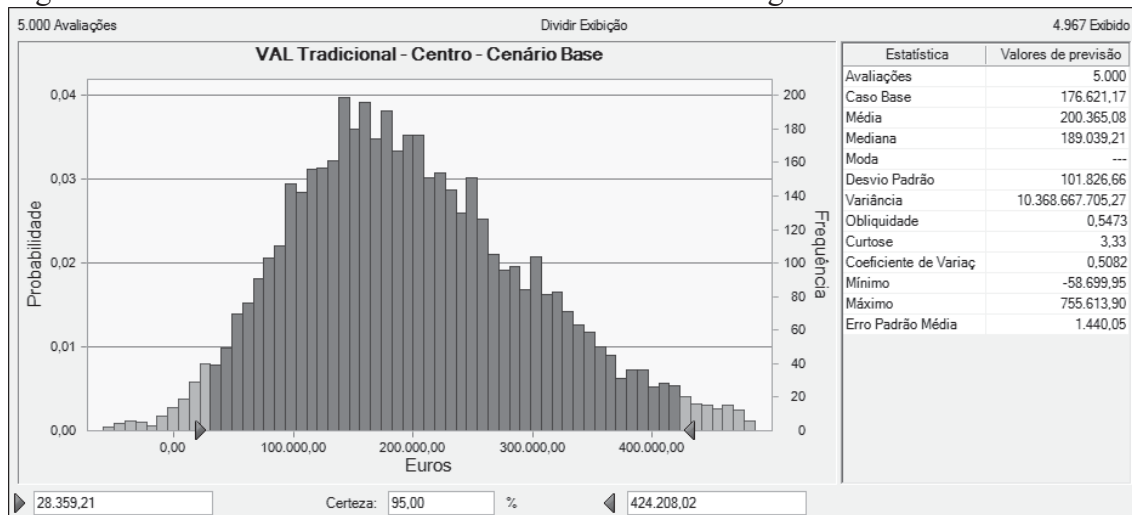
Por sua vez, a Figura 7, relativa à função das despesas de construção, obtida através do Simulador de Monte Carlo, para um grau de confiança de 95%, prevê um valor médio de 172.948,34€, sendo que as despesas de construção irão variar entre 111.458,21€ e 250.698,68€. Realce-se, ainda, que o desvio-padrão para esta função assume o valor de 37.548,09€.

Figura 7. Função Despesas de Construção do Edifício e Estatísticas da Região Centro.



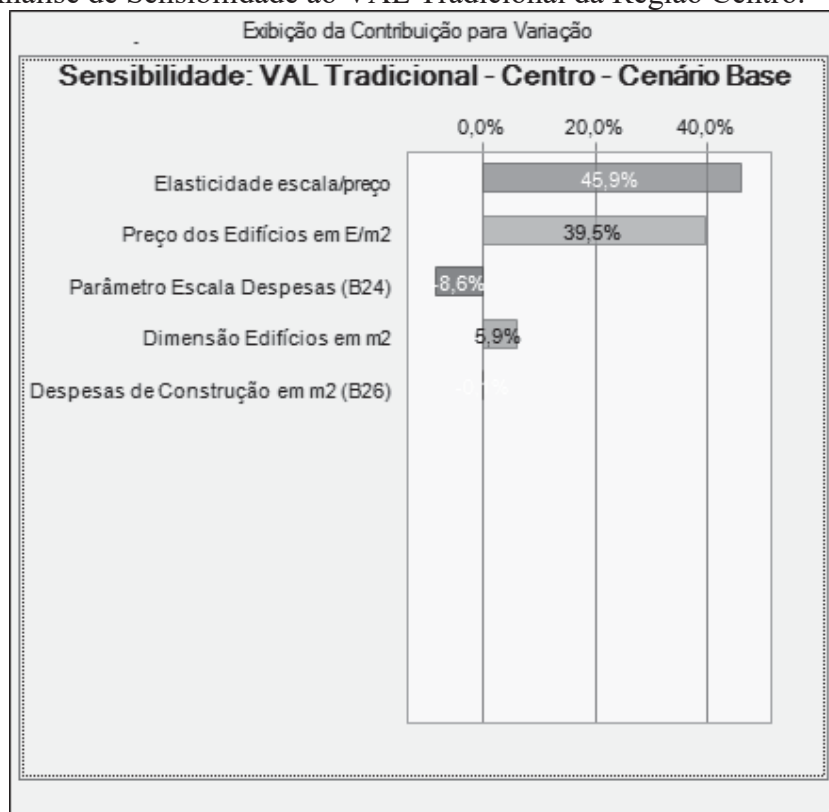
Considerando a Figura 8, observa-se que o VAL tradicional do projeto de investimento para a região Centro atingirá valores próximos a 200.365,08€, com um desvio-padrão, em valor, de 101.826,66€ e um coeficiente de variabilidade na ordem dos 0,51, para um total de 4.967 iterações válidas.

Figura 8. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Centro.



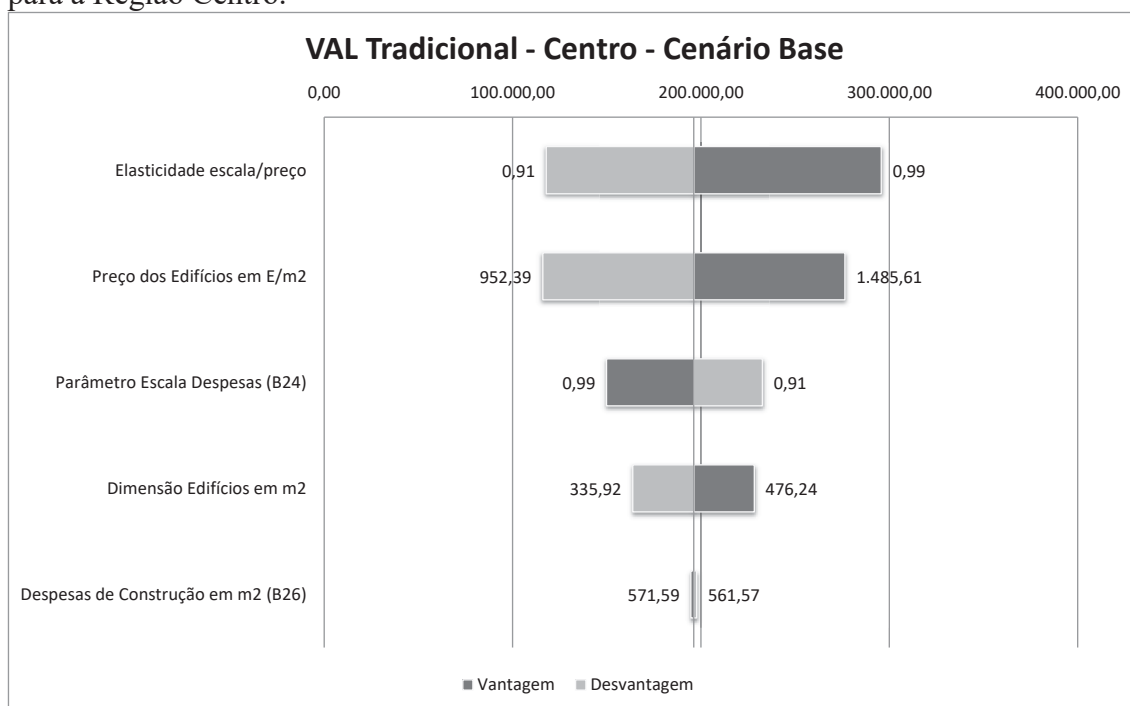
No que diz respeito à Análise de Sensibilidade do VAL tradicional constata-se que os parâmetros com maior impacto positivo são a elasticidade escala/preço e o preço dos edifícios de apartamentos em €/m². A única variável com influência negativa no VAL tradicional é a escala das despesas de construção (γ).

Figura 9. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Centro.



Em relação à análise Tornado para a região Centro, conclui-se que se a elasticidade escala/preço assumir o valor máximo de 0,99, o valor intrínseco será na ordem dos 300.000€, mantendo-se tudo o resto constante (Figura 10).

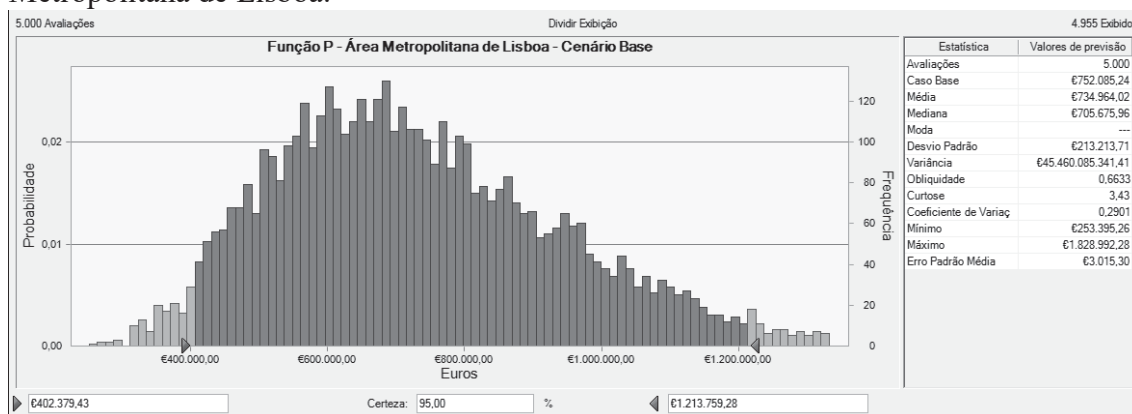
Figura 10. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Centro.



4.3.3 Área Metropolitana de Lisboa

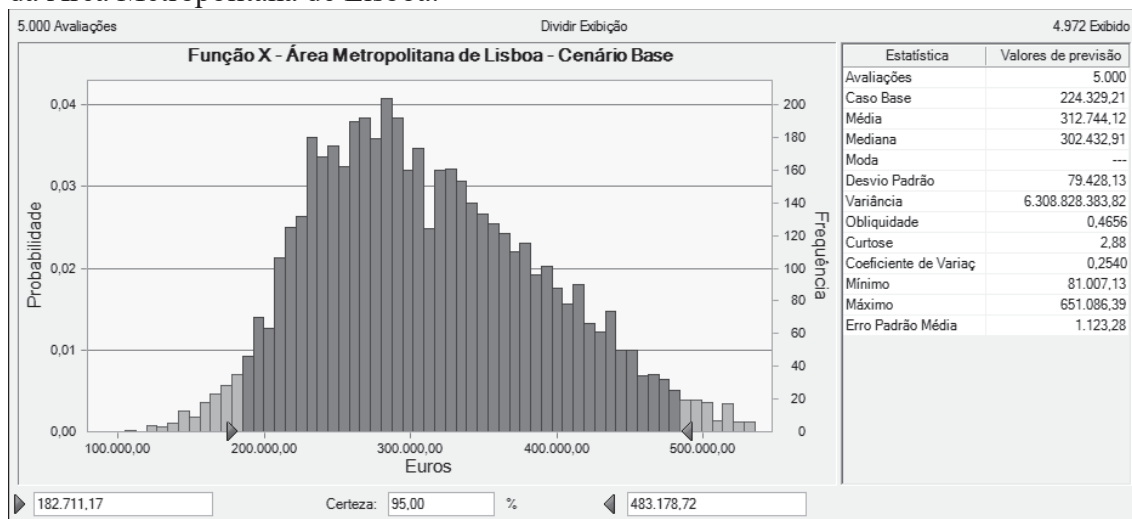
No que toca à Área Metropolitana de Lisboa, os valores da função do preço do edifício de apartamentos novos irão variar entre 402.379,43€ e os 1.213.759,28€, com uma maior incidência no valor de 734.964,02€, apresentando ainda um desvio-padrão na ordem dos 213.213,71€.

Figura 11. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.



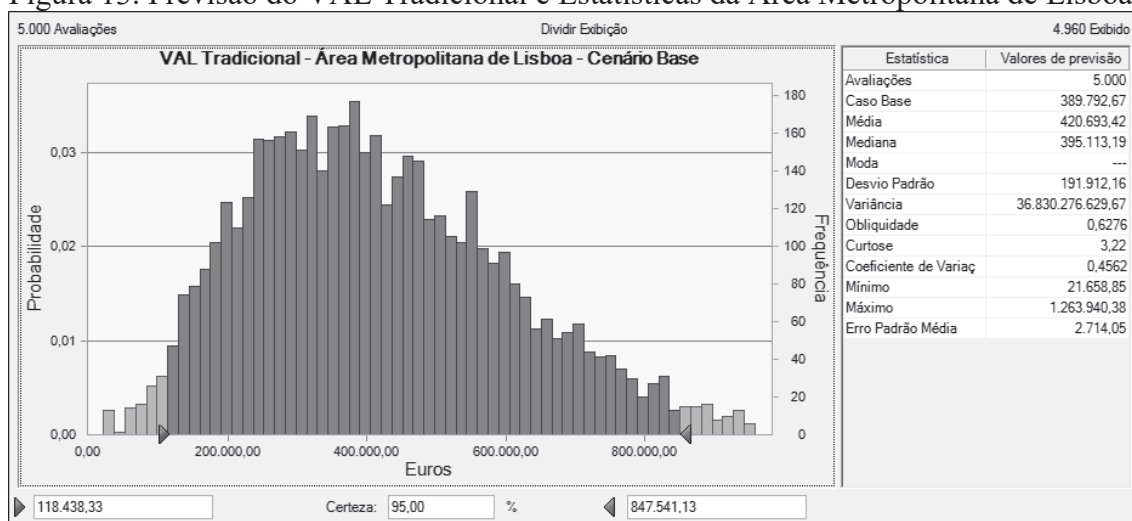
Quanto às despesas de construção da Área Metropolitana de Lisboa, estas irão variar entre 182.711,17€ e 483.178,72€, de acordo com as previsões obtidas pelo Simulador de Monte Carlo. Saliente-se ainda que existe maior incidência para valores próximos a 224 mil euros.

Figura 12. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.



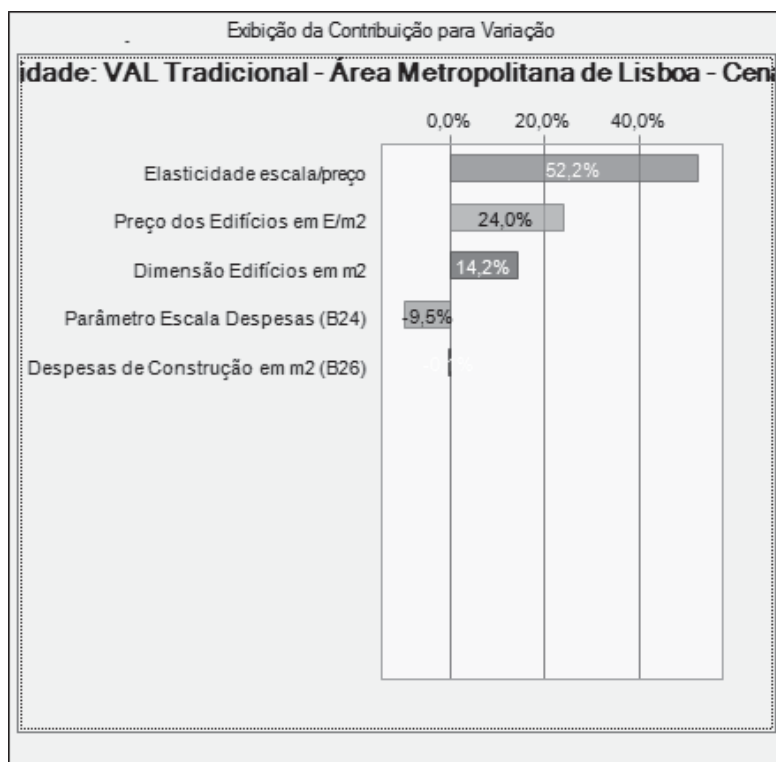
O VAL tradicional do projeto de investimento estimado para a região em questão apresenta uma média de 420.693,42€ com um desvio-padrão de 191.912,16€ e um coeficiente de variabilidade de 0,456, para um total de 4.960 simulações válidas, como se pode observar na Figura 13.

Figura 13. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Área Metropolitana de Lisboa.



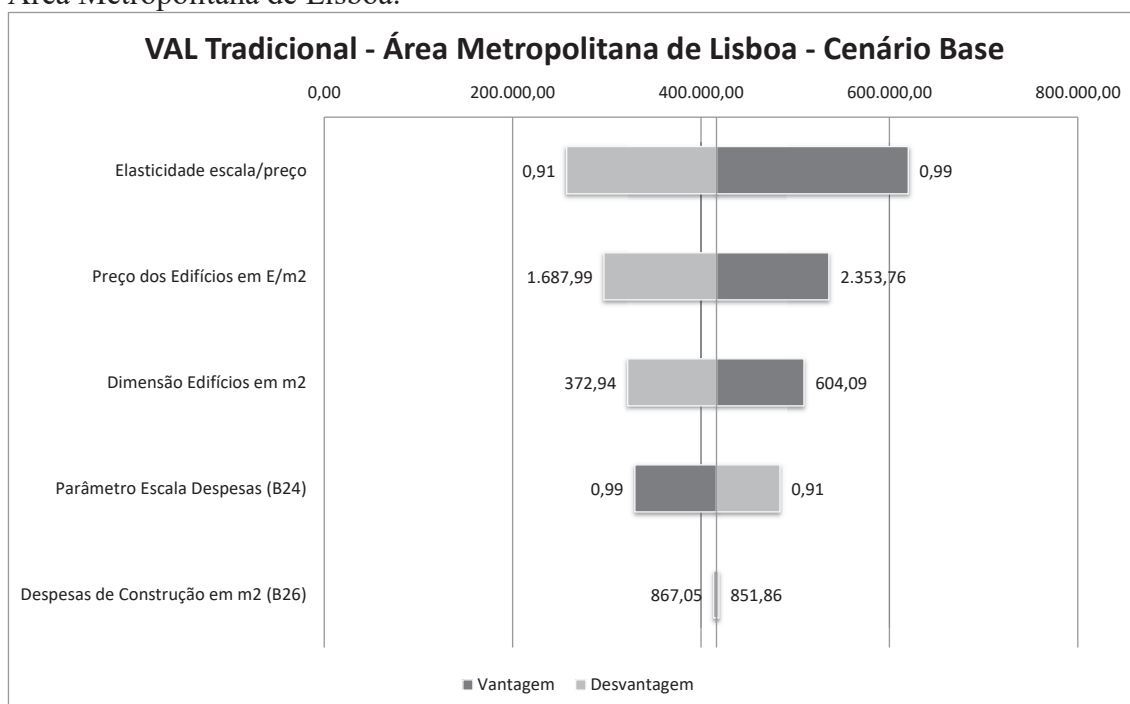
Nos parâmetros com influência no valor do VAL tradicional, realce-se que, segundo a Figura 14, é a elasticidade escala/preço que ostenta o maior impacto, seguindo-se o preço dos edifícios em €/m² e a dimensão dos edifícios em m².

Figura 14. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Área Metropolitana de Lisboa.



Com base na análise Tornado da Figura 15, o VAL tradicional poderá ultrapassar os 600.000,00€, caso a elasticidade escala/preço apresente um valor a rondar os 0,99 (*ceteris paribus*). Se, pelo contrário, for o parâmetro da escala de despesas a apresentar um valor a rondar os 0,99, o valor intrínseco será relativamente mais baixo.

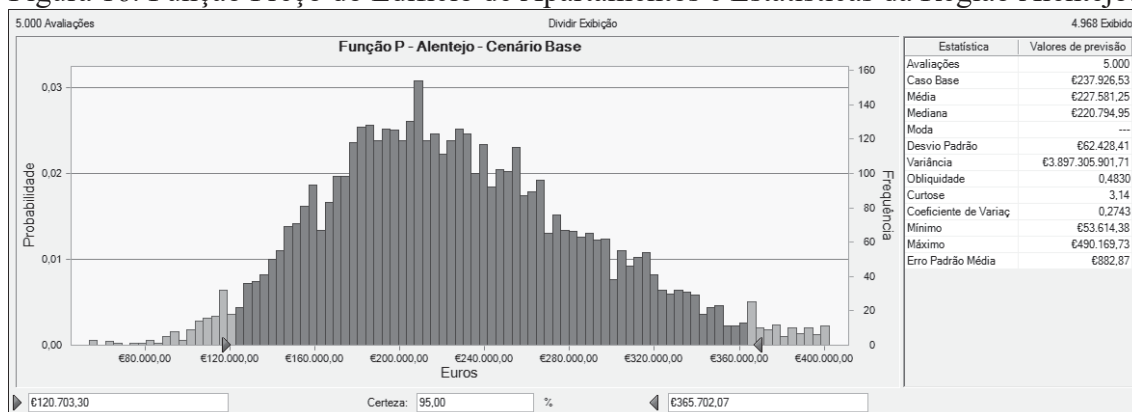
Figura 15. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos na Área Metropolitana de Lisboa.



4.3.4. Região Alentejo

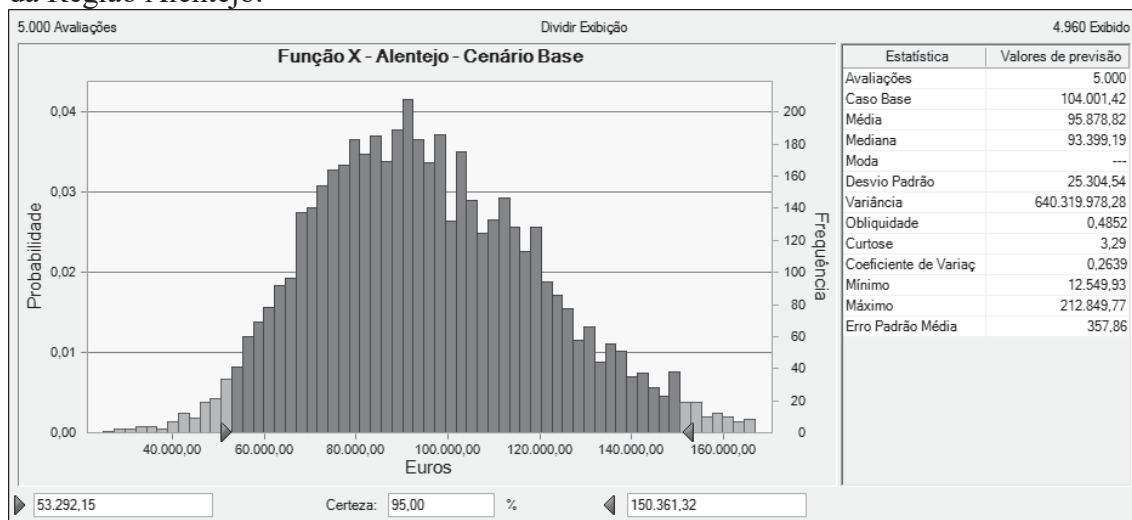
Mediante a observação da Figura 16 que demonstra a evolução do preço do edifício da região do Alentejo, é possível apurar que o preço do edifício irá oscilar entre 120.703,30€ e 365.702,70€, para um intervalo de confiança de 95% e um desvio-padrão de 62.428,41€, sendo a região que apresenta preços mais baixos para os imóveis.

Figura 16. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Alentejo.



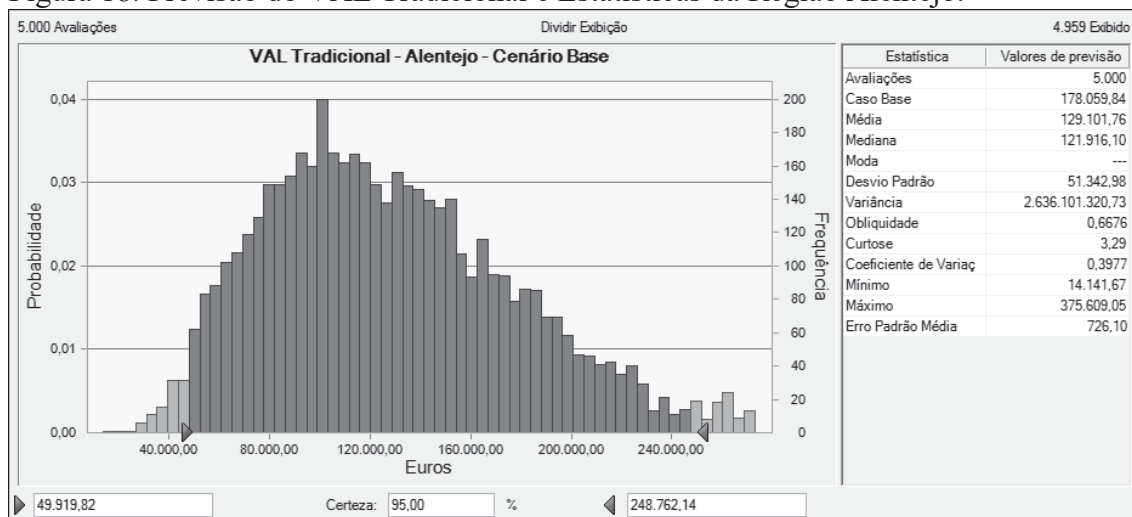
Analisando as despesas de construção no Alentejo, prevê-se que estas variem entre 53.292,12€ e 150.361,32€, prevendo-se, ainda, uma média de 95.878,82€, de acordo com a Simulação de Monte Carlo apresentada na Figura 17.

Figura 17. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Alentejo.



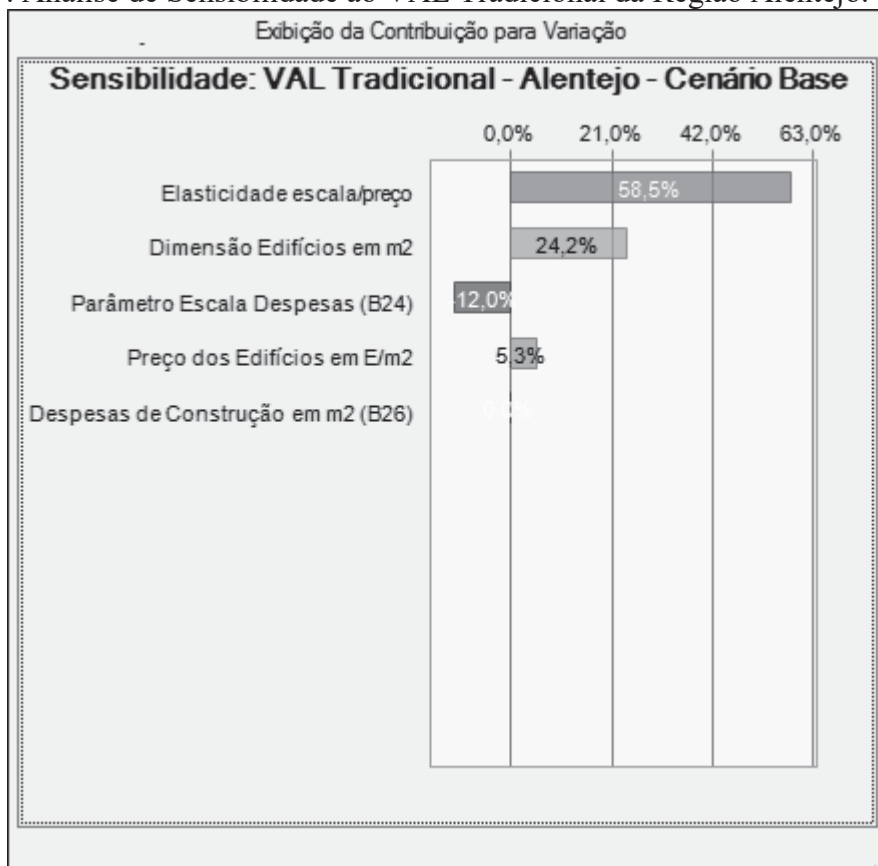
Em relação ao VAL tradicional do terreno no Alentejo (Figura 18), prevê-se que este atinja valores a rondar a média de 129.101,76€, para um nível de confiança de 95%, com um desvio-padrão de 51.342,98€ e um coeficiente de variabilidade de 0,3977.

Figura 18. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Alentejo.



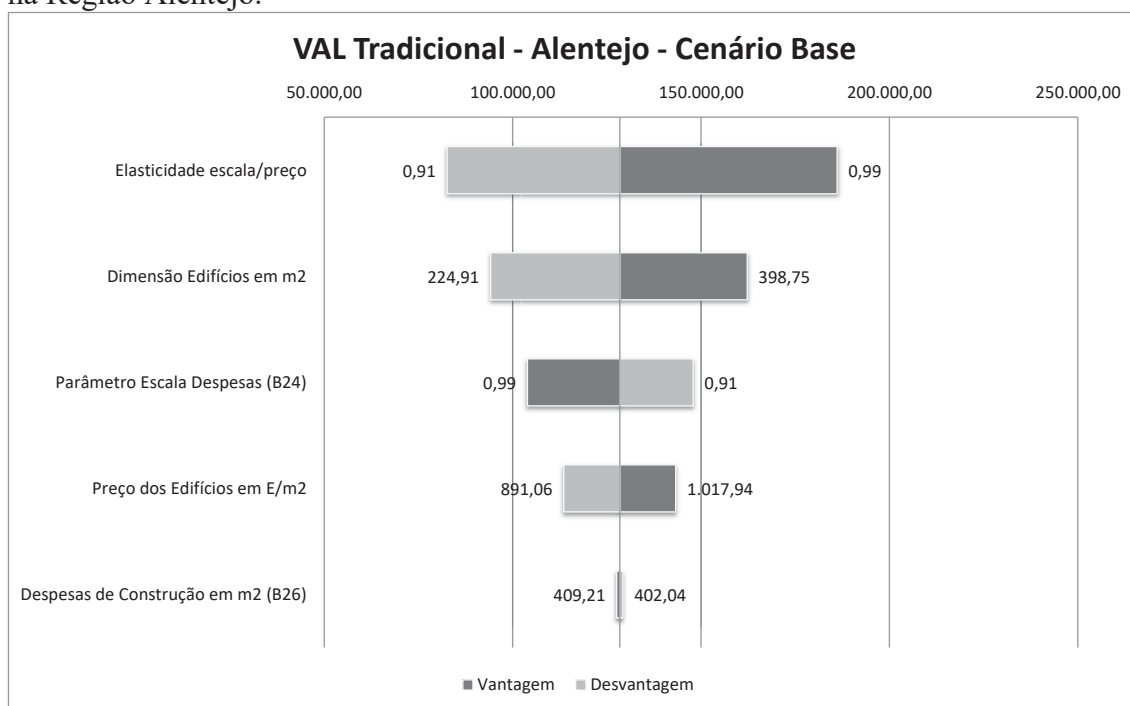
Através da Figura 19, constata-se que as variáveis com maior contributo para a variância do VAL tradicional do Alentejo são a elasticidade escala/preço e a dimensão dos edifícios em m^2 , com contributos positivos de 58,5% e 24,2%, respetivamente.

Figura 19. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Alentejo.



Observando a Figura 20, referente à análise Tornado para a região do Alentejo, conclui-se que à semelhança da Figura 15, é mais vantajoso para o detentor do terreno que a elasticidade escala/preço assuma um valor de 0,99 *ceteris paribus*, por forma a obter um valor intrínseco na ordem dos 190.000€.

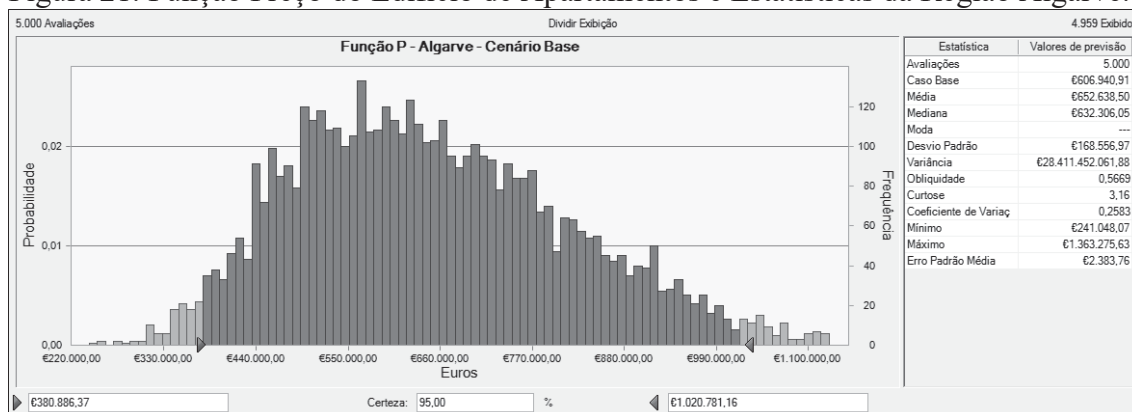
Figura 20. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos na Região Alentejo.



4.3.5. Região Algarve

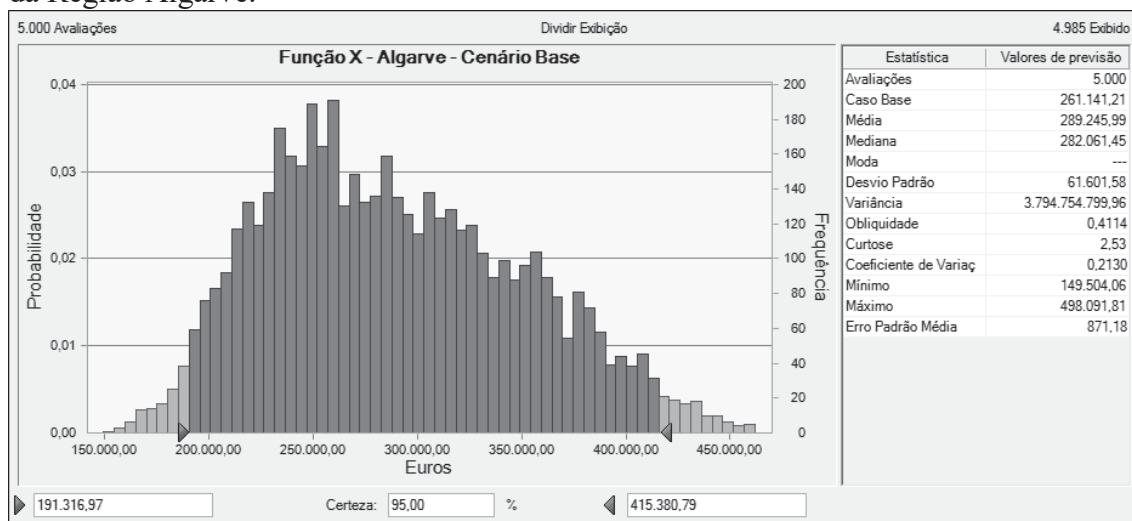
A previsão da evolução do preço do edifício para o Algarve não é muito diferente das realizadas anteriormente. Com um coeficiente de variabilidade de 0,2583 e um desvio-padrão de 168.556,97€, prevê-se que o valor dos edifícios possa variar entre os 380.886,37€ e 1.020.781,16€, como é possível comprovar pela Figura 21.

Figura 21. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Algarve.



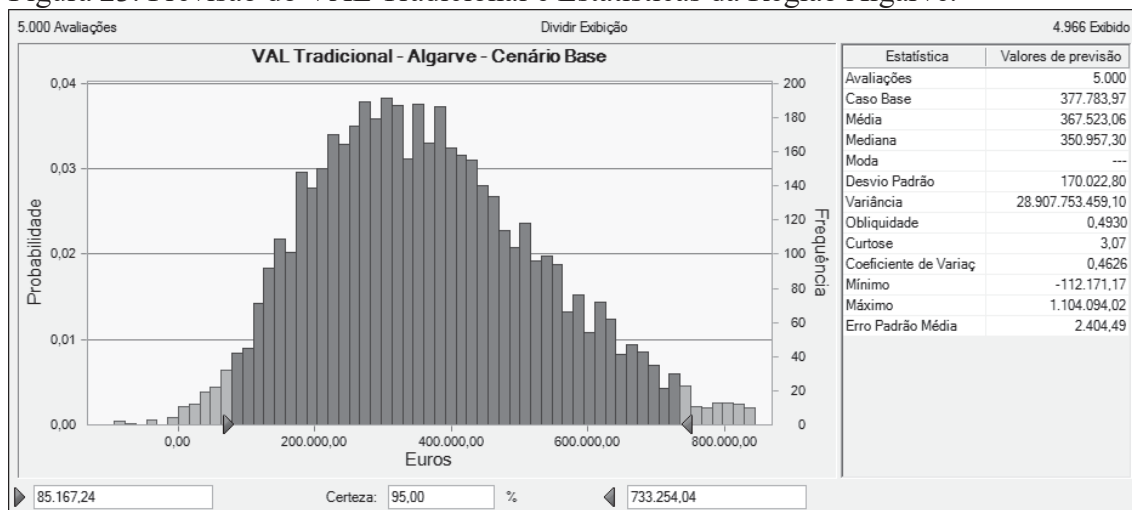
Na região do Alentejo, as despesas de construção oscilarão entre os 191.316,97€ e 415.380,79€, centrando grande parte dos seus valores em torno da média, 289.245,99€.

Figura 22. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Algarve.



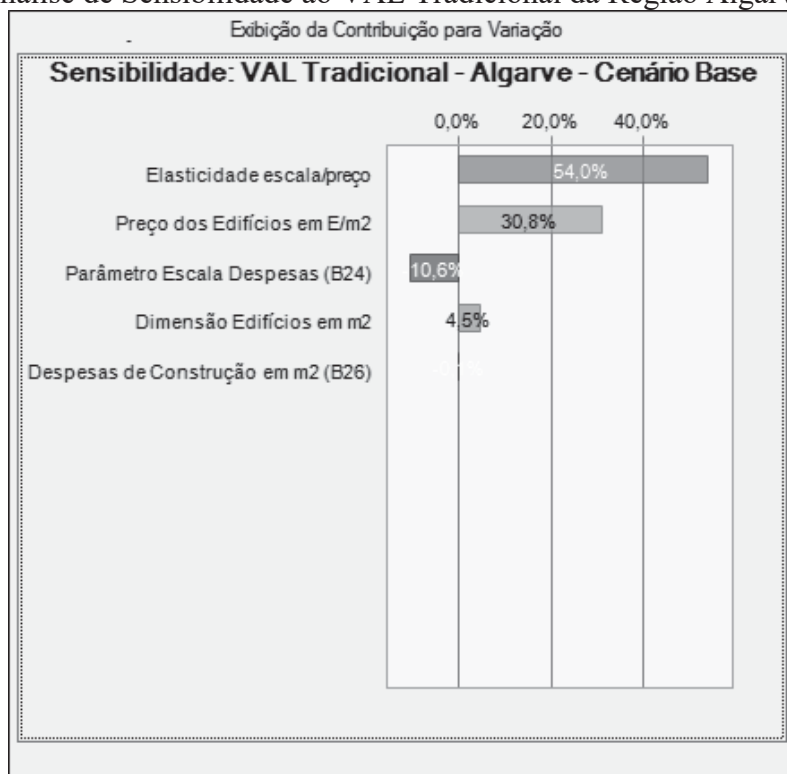
O VAL tradicional do projeto de investimento no Algarve assumirá o valor de 367.523,06€, apresentando um desvio-padrão de 170.022,80€, de acordo com a Figura 23.

Figura 23. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Algarve.



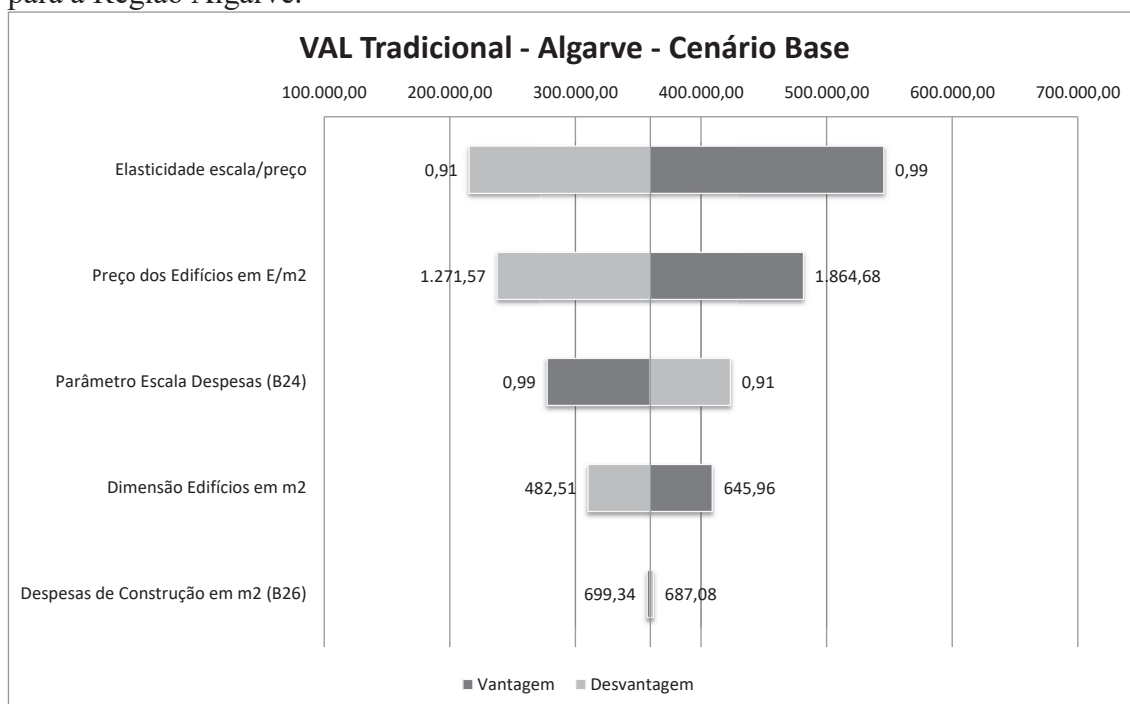
No que toca à Análise de Sensibilidade para o Algarve, pode-se verificar, através da Figura 24, que a elasticidade escala/preço contribui positivamente em cerca de 54,0% para a variância do VAL tradicional, assim, como o preço dos edifícios em €/m² também contribui positivamente em, aproximadamente, 30,8%.

Figura 24. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Algarve.



Em relação à análise Tornado para o Algarve, esta evidencia que o VAL tradicional dificilmente atingirá valores próximos de zero, como se constata na Figura 25. Saliente-se, ainda, que uma vez atingido o valor máximo da elasticidade escala/preço, o VAL ultrapassará os 500.000,00€. Para valores do parâmetro escala despesas, compreendidos entre 0,91 e 0,99, o valor intrínseco irá posicionar-se acima dos 250.000€.

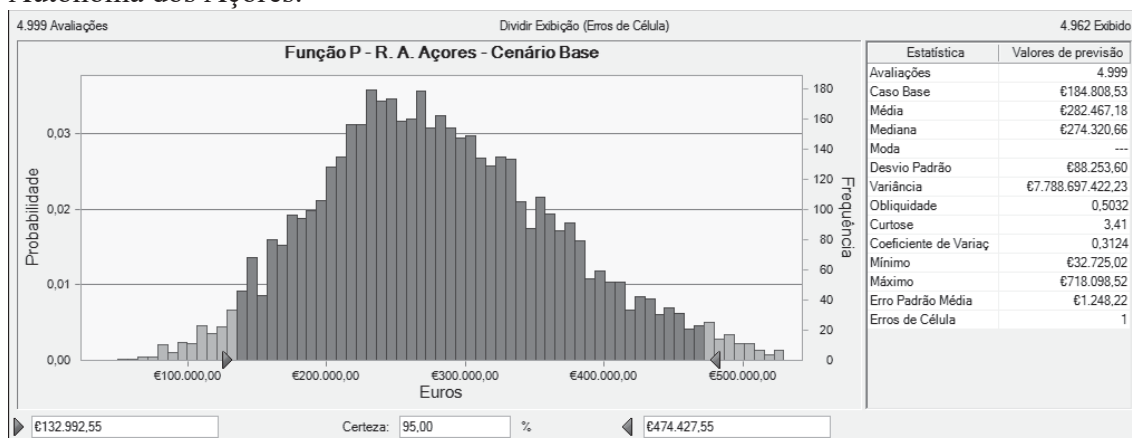
Figura 25. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Algarve.



4.3.6. Região Autónoma dos Açores

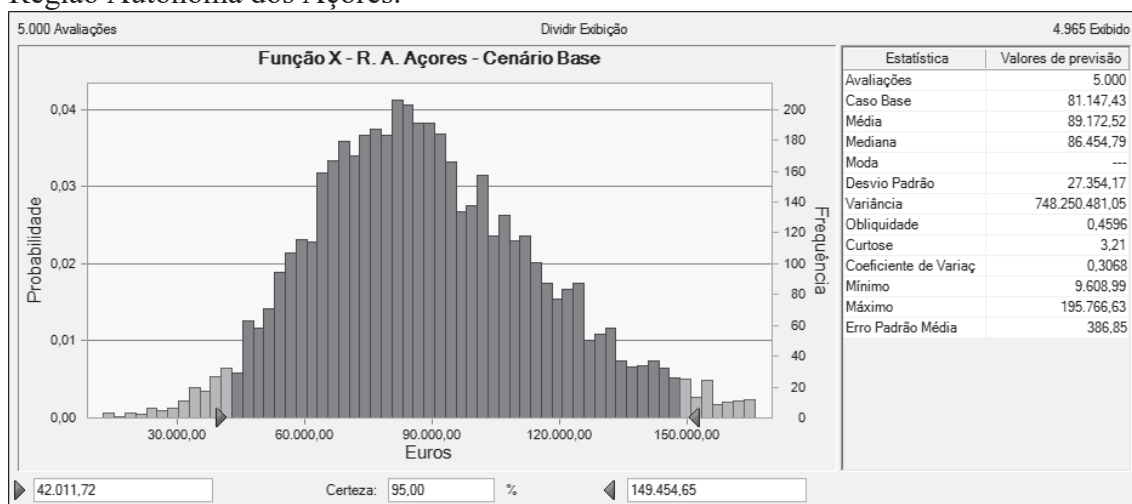
No que concerne à previsão da função P para a Região Autónoma dos Açores, tome-se em atenção que os preços dos edifícios irão oscilar entre os 132.992,55€ e os 474.427,55€.

Figura 26. Função Preço do Edifício de Apartamentos e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.



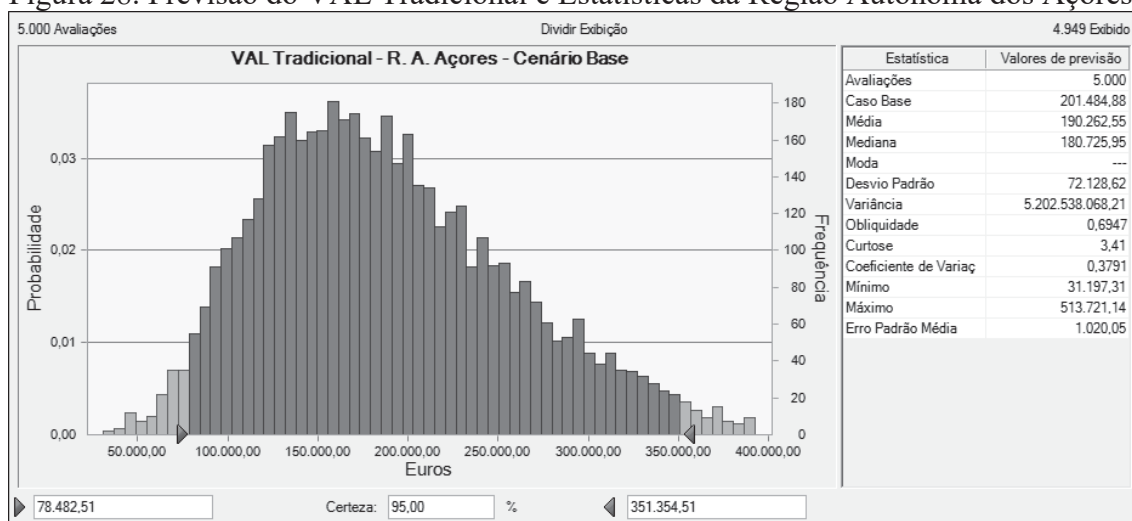
À semelhança da Figura anterior, é nos Açores que a função X apresenta os custos de construção mais baixos para o projeto de investimento, que poderá ser explicado pela dimensão média em causa e pela qualidade dos mesmos. Note-se que existe uma maior incidência nos valores próximos dos 90 mil euros e o desvio-padrão previsto é de 27.354,17€, valores resultantes de um total de 5.000 iterações.

Figura 27. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamento e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.



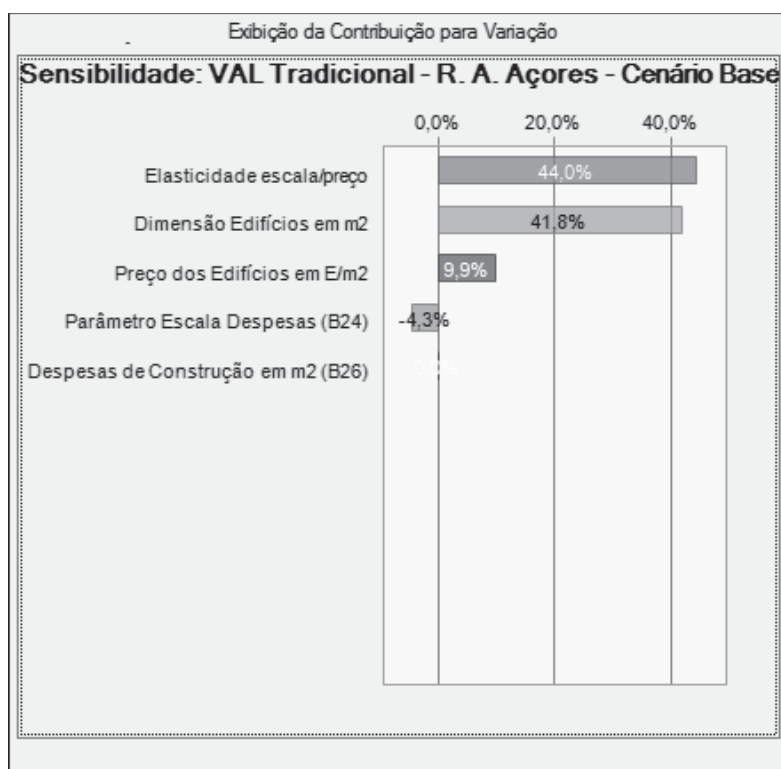
Realce-se que com um nível de confiança de 95%, o VAL tradicional para a Região Autónoma dos Açores assume valores entre 78.482,51€ e os 351.354,51€ e um desvio-padrão na ordem dos 72.128,62€, como se pode verificar na Figura 28.

Figura 28. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Autónoma dos Açores.



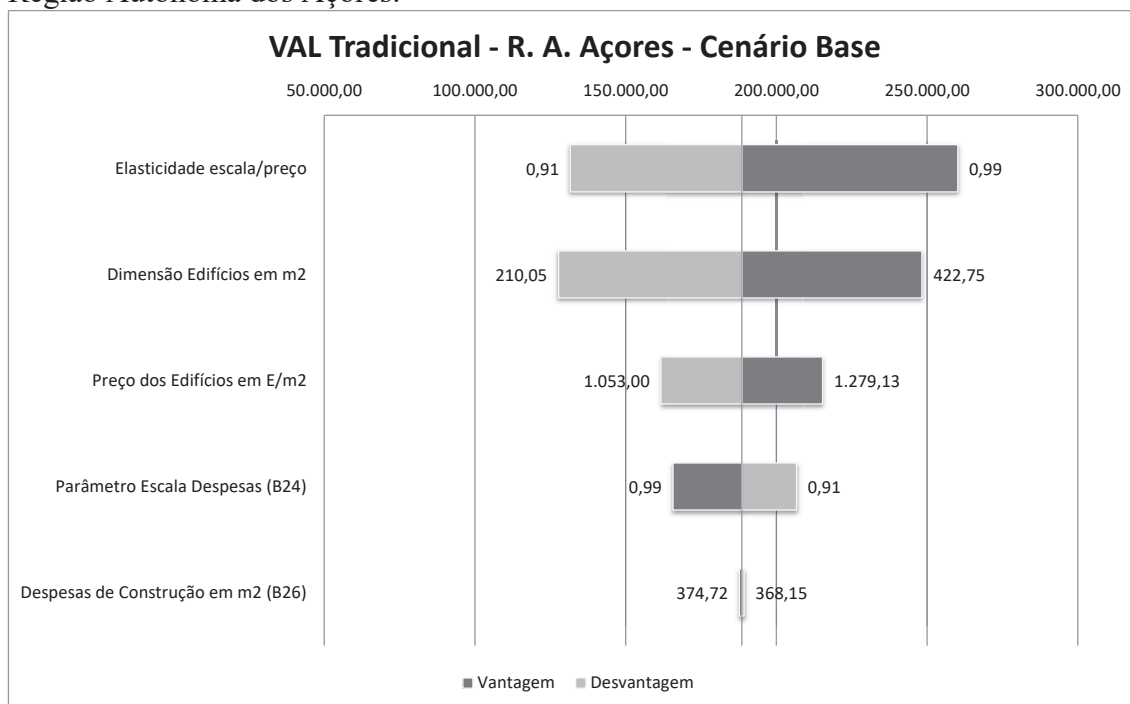
Observando a Figura 29, constata-se que enquanto as variáveis elasticidade escala/preço e dimensão dos edifícios em m^2 contribuem positivamente para a variância do VAL tradicional, o parâmetro da escala das despesas contribui negativamente em cerca de 4,3%.

Figura 29. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Autónoma dos Açores.



Em relação à análise Tornado, mais uma vez, o parâmetro da escala despesa irá variar entre 0,91 e 0,99, assim como a elasticidade escala/preço. Contudo, em sentidos opostos, uma vez que no caso de a elasticidade escala/preço atingir o valor de 0,99 o valor intrínseco ultrapassará os 250.000€. Se, por outro lado, o parâmetro escala despesas for de 0,99, o valor intrínseco será inferior a 200.000€.

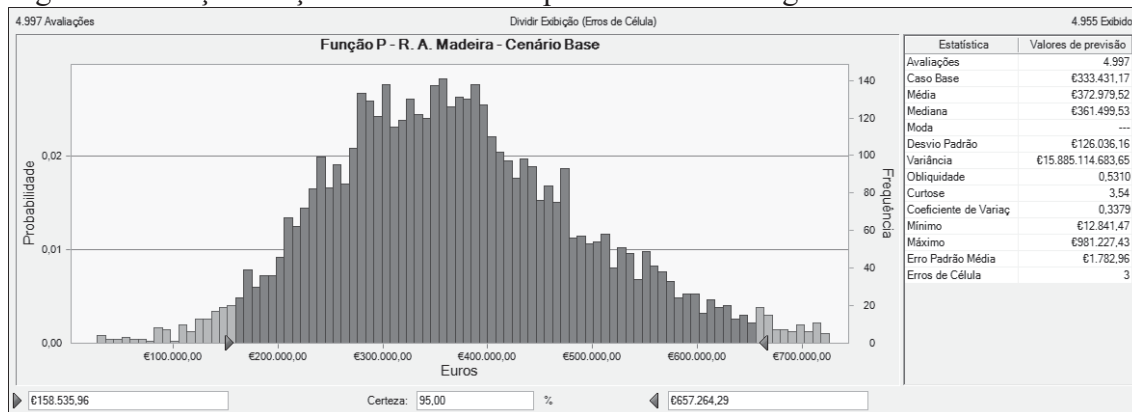
Figura 30. Análise Tornado à função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos da Região Autónoma dos Açores.



4.3.7. Região Autónoma da Madeira

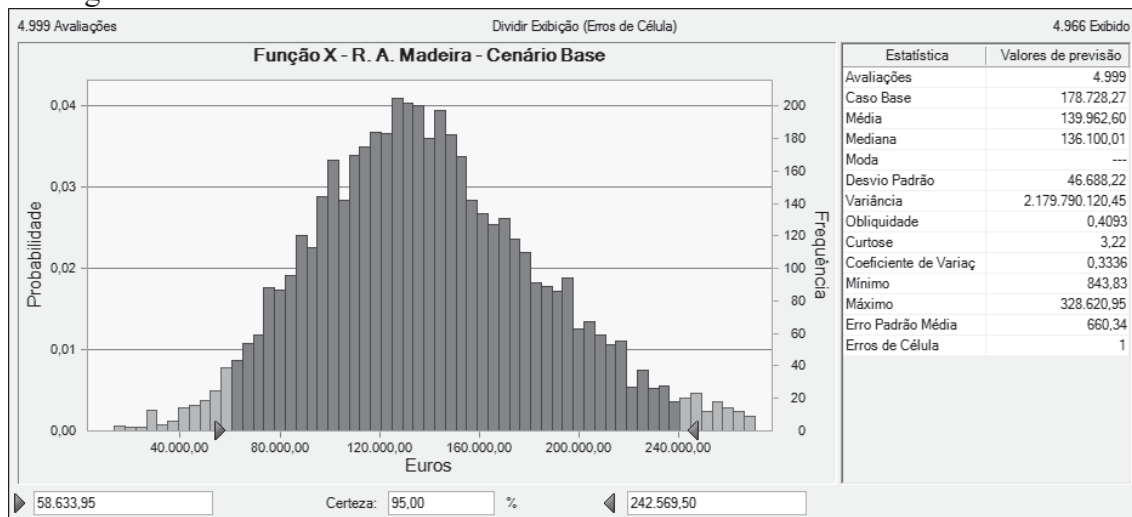
Com base na análise das previsões realizadas para a função preço do edifício de apartamentos novos, pode-se concluir que, na Região Autónoma da Madeira, os preços irão variar entre 158.525,96€ e 657.264,29€. Para além disso, refira-se que o desvio-padrão estimado é de 372.979,52€ e o coeficiente de variabilidade de 0,3379.

Figura 31. Função Preço do Edifício de Apartamentos da Região Autónoma da Madeira.



Saliente-se que a simulação realizada para a função X na Região Autónoma da Madeira apresenta valores entre 58.633,95€ e 242.569,50€, sendo que se verifica uma média de 139.962,60€ e um erro de padrão médio de 46.688,22€, para um total de 4.966 iterações válidas.

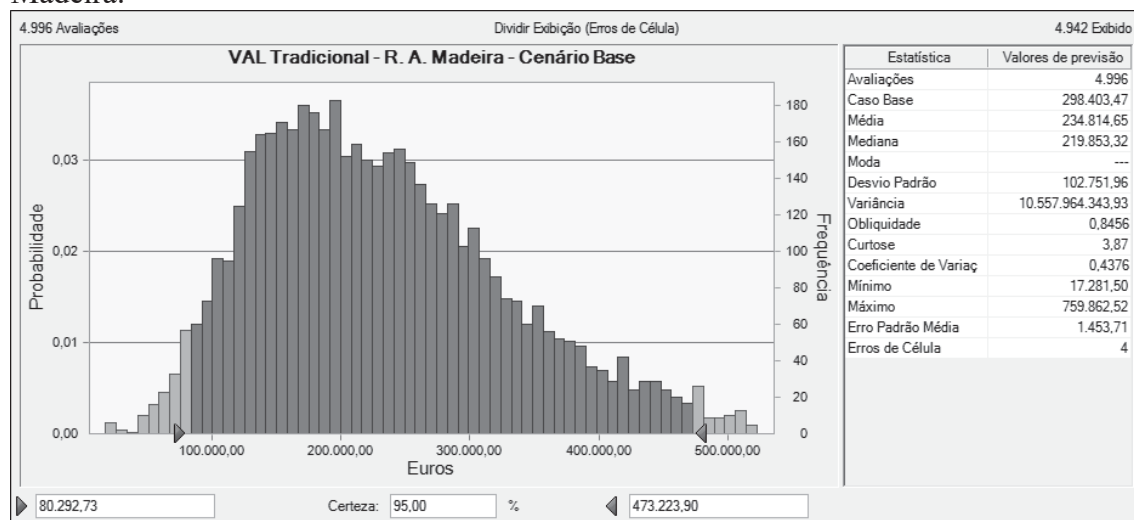
Figura 32. Função Despesas de Construção do Edifício de Apartamentos e Estatísticas do Região Autónoma da Madeira.



No que concerne à previsão do VAL tradicional, para um nível de confiança de 95%, a Simulação de Monte Carlo sugere que o VAL tradicional para a Madeira irá variar em torno do valor médio de 234 mil euros. O coeficiente de variabilidade do

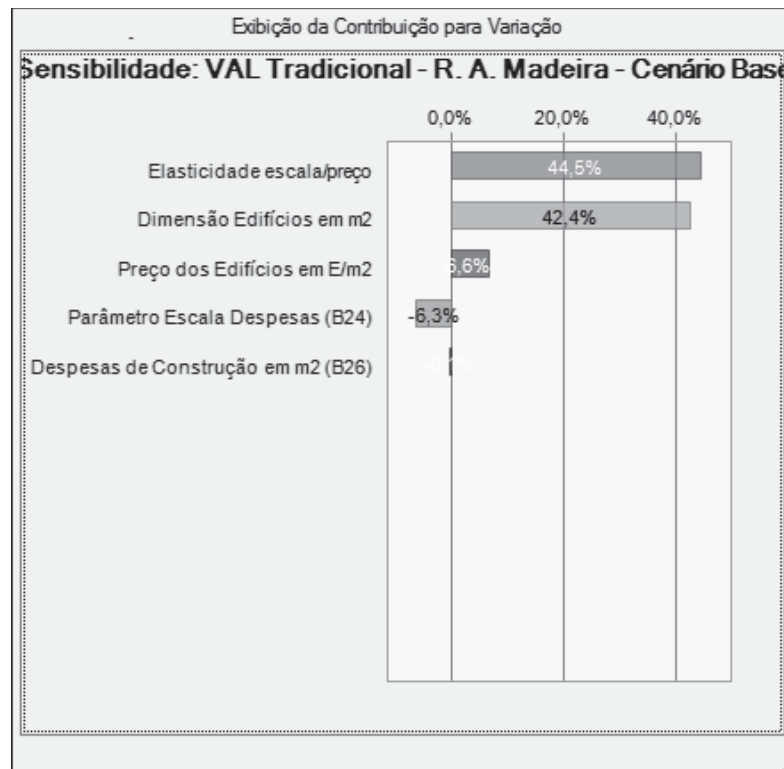
VAL será de 0,4376 e prevê um desvio-padrão no valor de 192.751,96€, como mostra a Figura 33.

Figura 33. Previsão do VAL Tradicional e Estatísticas da Região Autónoma da Madeira.



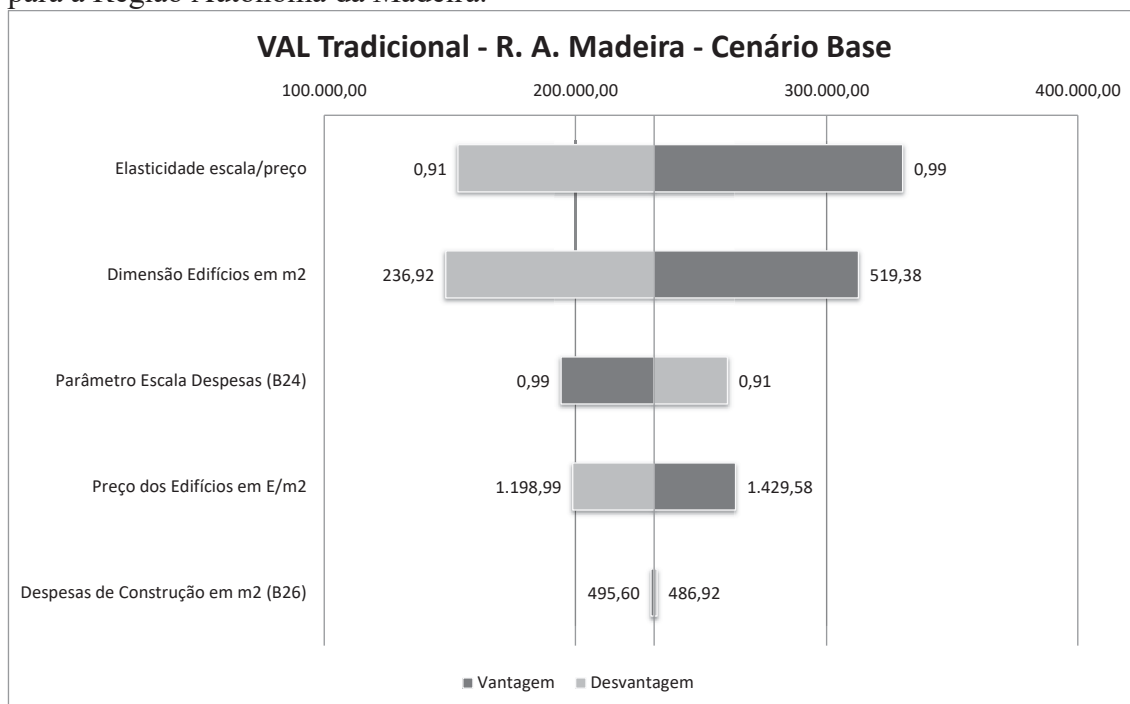
Considerando o impacto de cada variável na variância do VAL tradicional, verifica-se que a elasticidade escala/preço tem um peso de 44,5% e a dimensão dos edifícios em m^2 de 42,4%, representando os dois contributos mais positivos, segundo a Figura 34. O único contributo negativo para a variância do VAL é relativo ao parâmetro escala despesas (-6,3%).

Figura 34. Análise de Sensibilidade ao VAL Tradicional da Região Autónoma da Madeira.



A Região Autónoma da Madeira também apresenta uma Análise Tornado, onde o valor intrínseco oscila entre os 150.000€ e os 350.000€. Mais uma vez, a elasticidade escala/preço e o parâmetro escala despesas assumem os mesmos valores mas de natureza inversa, como se pode observar através da Figura 35.

Figura 35. Análise Tornado à Função $V^I(X, P)$ dos Edifícios de Apartamentos Novos para a Região Autónoma da Madeira.



Numa breve síntese deve-se salientar que, de acordo com a Análise Tornado, as variáveis com maior influência no valor final dos terrenos são: a elasticidade escala/preço dos edifícios (\emptyset), o preço dos edifícios de apartamentos em €/m² (x_2), a dimensão dos edifícios de apartamentos em €/m² (q), o parâmetro de escala das despesas (γ) e as despesas de construção em €/m² (x_1). É importante salientar que as variáveis estão mencionadas de acordo com a sua influência em ordem decrescente.

Uma vez apresentadas e analisadas as previsões estatísticas com base no Simulador de Monte Carlo, a seção seguinte será dedicada à análise dos principais resultados obtidos através da aplicação do modelo de avaliação de opções reais de Quigg (1993), de Black e Scholes (1973), e os modelos Binomial e Trinomial, para as regiões em estudo.

4.4. Resultados Empíricos

O intuito deste subcapítulo passa pela apresentação dos principais resultados das análises empíricas, os quais salientarão a importância e o contributo dos modelos de avaliação de opções reais perante os métodos tradicionais de avaliação de projetos de investimento.

Inicialmente, serão realçados os resultados obtidos através da aplicação do modelo ajustado de Quigg (1993) aos dados estatísticos do mercado português de apartamentos novos. Seguidamente, destacar-se-á os resultados alcançados mediante a aplicação dos métodos de grelha Binomial e Trinomial à análise de opções reais. Este subcapítulo terminará com a apresentação dos resultados obtidos com o modelo de Black e Scholes (1973). Note-se que o modelo de Black e Scholes (1973) apenas será realizado para efeitos de comparação.

4.4.1. Resultados da Aplicação do Modelo de Quigg (1993)

Na presente secção, primeiramente, apresentar-se-ão os resultados provenientes da aplicação do modelo ajustado de Quigg (1993) que, de seguida, serão analisados.

É importante destacar que utilizar-se-ão os dados históricos apresentados na subsecção 4.2. para estimar o cenário base no momento inicial. Para além disso, saliente-se que existem variáveis que são comuns a todas as regiões em estudo, estas variáveis, apresentadas na Tabela 23, constituem o cenário base do Modelo de Quigg (1993).

Tabela 23. Variáveis comuns que compõem o cenário base do modelo.

Variáveis	Valor
f	0
γ	1
ϕ	1
ε	1
β	0,80%
v_x	0,03
v_p	0,03
i	5,20%

Uma vez reunidas todas as condições para o cálculo da função P (função 3.3) e da função X (função 3.1), efetua-se a estimativa, sendo que os resultados obtidos compõem a tabela abaixo apresentada.

Tabela 24. Valores de P e X para todas as regiões no cenário base.

Regiões	P	X
Norte	564 705,14 €	179 068,45 €
Centro	386 587,89 €	229 221,60 €
Área Metropolitana de Lisboa	1 254 999,95 €	418 297,49 €
Alentejo	313 078,49 €	126 015,41 €
Algarve	779 768,34 €	389 678,79 €
Região Autónoma dos Açores	337 915,16 €	117 084,31 €
Região Autónoma da Madeira	456 805,46 €	185 079,95 €

Após a obtenção dos resultados acima referidos, torna-se possível a estimação dos parâmetros z , w^2 , j , k , z^* e A , essenciais para a determinação do valor da opção $V(P, X)$.

Tabela 25. Resultados do cálculo dos parâmetros z , w^2 , j , k , z^* e A para o cenário base.

Regiões	z	w^2	j	k	z^*	A
Norte	3,154	0,002	5,119	1,147	2,668	0,0034
Centro	1,687	0,006	3,309	0,613	2,312	0,0436
Área Metropolitana de Lisboa	3,000	0,003	4,421	1,091	2,702	0,0075
Alentejo	2,484	0,006	3,364	0,903	2,708	0,0282
Algarve	2,001	0,004	4,012	0,728	2,301	0,0203
Região Autónoma dos Açores	2,886	0,001	7,080	1,049	2,387	0,0007
Região Autónoma da Madeira	2,468	0,001	6,623	0,898	2,235	0,0016

Relembrando que o momento ótimo para concretização do investimento decorre quando $z > z^*$, perante o cenário base, é favorável, nas regiões do Norte, Lisboa e Regiões Autónomas, o exercício das opções de diferimento da construção dos edifícios de apartamentos.

Tendo em conta que estão enunciadas acima os valores referentes a todas as variáveis que compõem a função $V(P, X)$, deve-se prosseguir com a determinação do valor de $V(P, X)$ para cada região portuguesa. Tome-se em atenção que os valores obtidos serão comparados com o $V^I(X, P)$, por outras palavras, efetua-se uma comparação entre os valores referentes a $V(P, X)$ e o valor intrínseco de cada terreno inutilizado para a construção dos edifícios de apartamentos, salientando assim o valor da opção de diferimento para cada região em causa, como mostra a Tabela 26.

Tabela 26. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em € por Regiões.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Valor da opção
Norte	425 018,52 €	385 636,69 €	39 381,84 €
Centro	196 965,27 €	157 366,29 €	39 598,98 €
Área Metropolitana de Lisboa	862 397,82 €	836 702,46 €	25 695,36 €
Alentejo	189 720,67 €	187 063,08 €	2 657,59 €
Algarve	411 131,17 €	390 089,55 €	21 041,62 €
Região Autónoma dos Açores	274 445,48 €	220 830,85 €	53 614,63 €
Região Autónoma da Madeira	286 624,06 €	271 725,51 €	14 898,55 €

Analisando a tabela acima apresentada, verifica-se que, em média, o valor da opção, segundo o modelo de Quigg (1993), ronda os 9,09% do valor dos terrenos com a incorporação da opção de diferimento. Constate-se, ainda, que somente a região do Centro, a Região Autónoma dos Açores e a região do Norte apresentam valores superiores à média, nomeadamente 20,1%, 19,5% e 9,3%, respetivamente.

Após a estipulação do cenário base, segue-se uma breve análise de sensibilidade ao valor dos terrenos, através da alteração do valor 1 para 0,9 do parâmetro de escala das despesas, γ , no modelo ajustado de avaliação de opções reais desenvolvido por Quigg (1993).

Tabela 27. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em € por Regiões, considerando $\gamma = 0,9$.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Valor da opção
Norte	791 334,02 €	467 120,53 €	324 213,48 €
Centro	260 946,39 €	260 870,78 €	75,61 €
Área Metropolitana de Lisboa	1 409 470,72 €	1 029 784,96 €	379 685,76 €
Alentejo	254 395,96 €	242 115,53 €	12 280,43 €
Algarve	614 949,29 €	572 963,35 €	41 985,94 €
Região Autónoma dos Açores	775 989,29 €	272 077,40 €	503 911,89 €
Região Autónoma da Madeira	713 231,95 €	354 572,03 €	358 659,92 €

Considerando a Tabela 27, é possível apurar que, de forma geral, a diminuição da variável escala das despesas de construção conduz ao aumento do valor da opção, visto que o valor das despesas diminuiu. Saliente-se que o aumento verificado no valor da opção é considerável, pelo que conclui-se que esta variável tem algum peso no caso em estudo. Note-se ainda que o valor da opção representa, em média, cerca de 27,8% do

valor da opção considerando a hipótese de diferir o investimento, o que representa um aumento de um 18,7% relativamente à Tabela 26.

Atente-se ainda que ao considerar a escala de despesas de construção de 0,9, todas as regiões em estudo atingem o seu momento ótimo para o exercício da opção de diferimento do projeto de investimento, como mostra a Tabela 28.

Tabela 28. Valores de z e z^* por Regiões considerando $\gamma = 0,9$.

Regiões	z	z^*
Norte	5,787	3,858
Centro	3,075	3,035
Área Metropolitana de Lisboa	5,572	3,911
Alentejo	4,412	3,706
Algarve	3,771	3,158
Região Autónoma dos Açores	5,133	3,338
Região Autónoma da Madeira	4,468	3,092

Outra variável que será testada é o aumento do rendimento do terreno inutilizado, β , passando assim dos 0,80% do cenário base para 5%. Tome-se em atenção que os resultados obtidos estão expostos na Tabela 29.

Tabela 29. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em €, por Regiões, considerando $\beta = 5\%$.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Valor da Opção
Norte	1 284 315,46 €	1 283 420,77 €	894,69 €
Centro	883 083,27 €	878 608,84 €	4 474,43 €
Área Metropolitana de Lisboa	2 856 729,73 €	2 852 272,62 €	4 457,11 €
Alentejo	715 487,56 €	711 542,02 €	3 945,54 €
Algarve	1 776 001,21 €	1 772 200,78 €	3 800,44 €
Região Autónoma dos Açores	768 043,21 €	767 989,00 €	54,21 €
Região Autónoma da Madeira	1 038 302,25 €	1 038 194,23 €	108,02 €

Perante o aumento do rendimento dos terrenos inexplorados, o valor da opção diminui comparativamente aos valores do cenário base dado que os proprietários dos terrenos ao verem o seu rendimento aumentar vão optar por manter as suas propriedades, diferindo, assim, o exercício da opção de construção. O facto de os valores de z^* aumentarem face ao cenário base indica que o timing ótimo para o exercício da opção de construção está mais longínquo, como prova a Tabela 30.

Tabela 30. Resultados do cálculo dos parâmetros z , w^2 , j , k , z^* e A , considerando $\beta = 5\%$.

Regiões	z	w^2	j	k	z^*	A
Norte	3,154	0,002	5,119	7,167	10,150	0,000
Centro	1,687	0,006	3,309	3,833	6,926	0,003
Área Metropolitana de Lisboa	3,000	0,003	4,421	6,819	10,104	0,000
Alentejo	2,484	0,006	3,364	5,646	9,458	0,001
Algarve	2,001	0,004	4,012	4,548	7,390	0,001
Região Autónoma dos Açores	2,886	0,001	7,080	6,559	8,803	0,000
Região Autónoma da Madeira	2,468	0,001	6,623	5,609	7,785	0,000

Supondo agora que o coeficiente de correlação entre as funções Preço e Despesa de Construção assume o valor zero, é notório, de forma geral, um aumento considerável do valor dos terrenos com a opção de diferimento incorporada relativamente ao cenário base. Deste modo, o valor da opção irá variar entre 2,45% e 35,03% do valor global dos terrenos incorporando a opção de diferimento, como é verificável através da Tabela 31.

Tabela 31. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e da Opção em €, por Regiões, considerando $\rho = 0$.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Valor da Opção
Norte	395 394,13 €	385 636,69 €	9 757,44 €
Centro	242 199,21 €	157 366,29 €	84 832,91 €
Área Metropolitana de Lisboa	861 438,18 €	836 702,46 €	24 735,72 €
Alentejo	198 170,92 €	187 063,08 €	11 107,84 €
Algarve	470 489,07 €	390 089,55 €	80 399,52 €
Região Autónoma dos Açores	255 447,27 €	220 830,85 €	34 616,41 €
Região Autónoma da Madeira	341 309,58 €	271 725,51 €	69 584,07 €

O subcapítulo que se segue será dedicado ao Modelo Binomial e Trinomial, designadamente serão apresentados e analisados os principais resultados para o valor dos terrenos provenientes da aplicação destes dois modelos.

4.4.2. Resultados dos Modelos Binomial e Trinomial

Neste ponto expor-se-á os resultados obtidos aquando da aplicação dos métodos de grelha de avaliação de opções reais - Binomial e Trinomial - aos dados empíricos de valorização dos terrenos para cada uma das regiões portuguesas em estudo. Atente-se que pressupõem-se um contexto de tempo discreto para aplicação destas metodologias, desde modo, o valor do Ativo Subjacente irá progredir ao longo do tempo como uma variável discreta, no entanto há que referir que a evolução poderá dar-se conforme estados de natureza favoráveis e desfavoráveis.

Para uma melhor análise dos valores que serão estimados, considerou-se dois cenários: o cenário base e o cenário 1. Enquanto o cenário base é constituído por um horizonte temporal de 5 anos e 5 etapas até à maturidade, o cenário 1 é formado por um período de 10 anos até à maturidade e, por isso, 10 etapas. As variáveis comuns aos dois cenários estão especificadas na Tabela 32, abaixo apresentada.

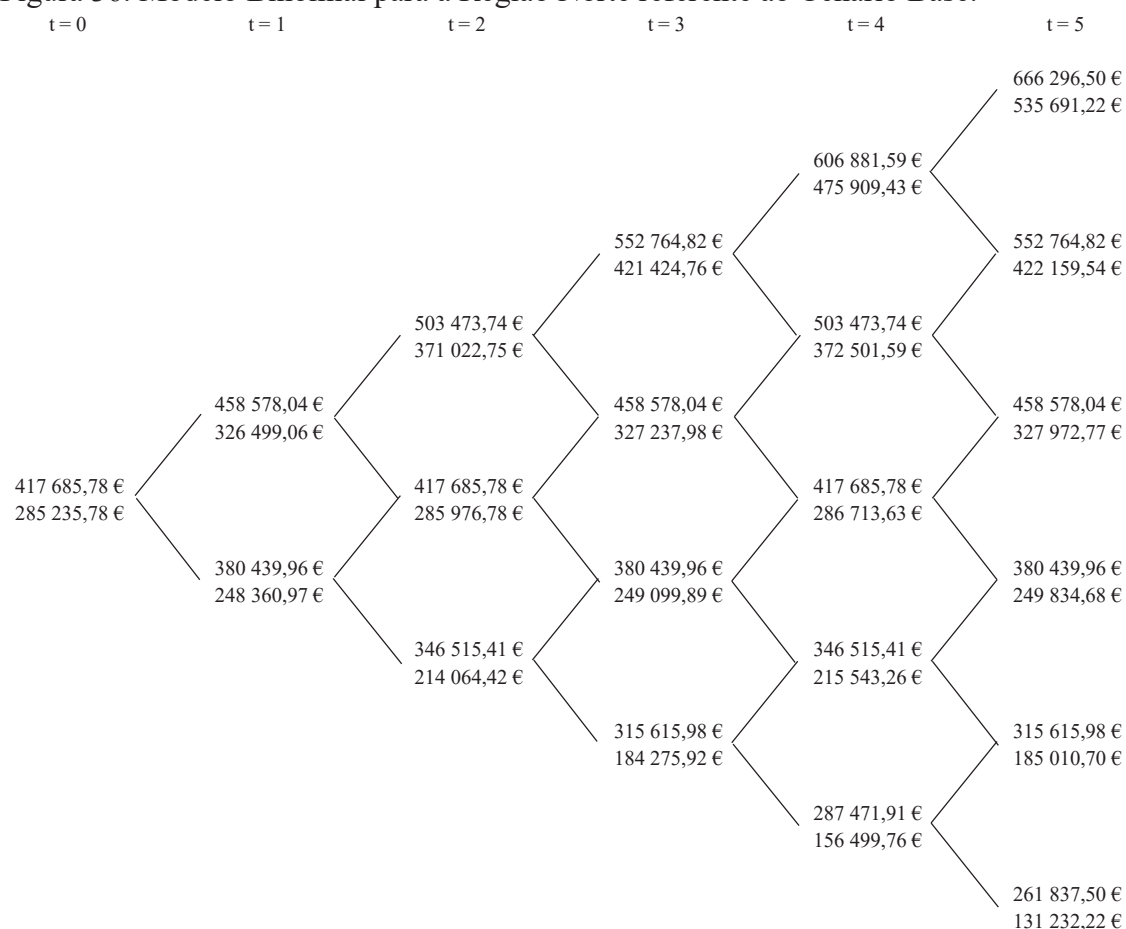
Tabela 32. Variáveis base comuns ao Cenário Base e ao Cenário 1.

Regiões	Ativo Subjacente	Valor do Investimento	Volatilidade de P
Norte	417 685,78 €	132 450,00 €	9,34%
Centro	371 922,97 €	172 948,34 €	13,48%
Área Metropolitana de Lisboa	734 964,02 €	312 744,12 €	7,66%
Alentejo	227 581,25 €	95 878,82 €	2,42%
Algarve	652 638,50 €	289 245,99 €	10,11%
Região Autónoma dos Açores	282 467,18 €	89 174,52 €	13,26%
Região Autónoma da Madeira	372 979,52 €	139 962,60 €	15,11%

No seguimento desta subsecção, serão apresentados para cada uma das regiões os modelos de grelha de avaliação de opções reais recorrendo ao método da Binomial para o cenário base. É importante realçar que nos modelos de grelha apresentados abaixo observa-se na linha superior dos ramos os valores do ativo subjacente, edifício de apartamentos novos, e na parte inferior o valor da opção de diferimento. Saliente-se, ainda, que para a região foi estimado um valor para u e d e as probabilidades para a ocorrência dos cenários favorável e desfavorável.

Assim sendo, para a região Norte, determinou-se um u de 1,098 e d de 0,911, enquanto a probabilidade de ocorrência do cenário favorável e a do cenário desfavorável são de 75,46% e 24,54%, respetivamente.

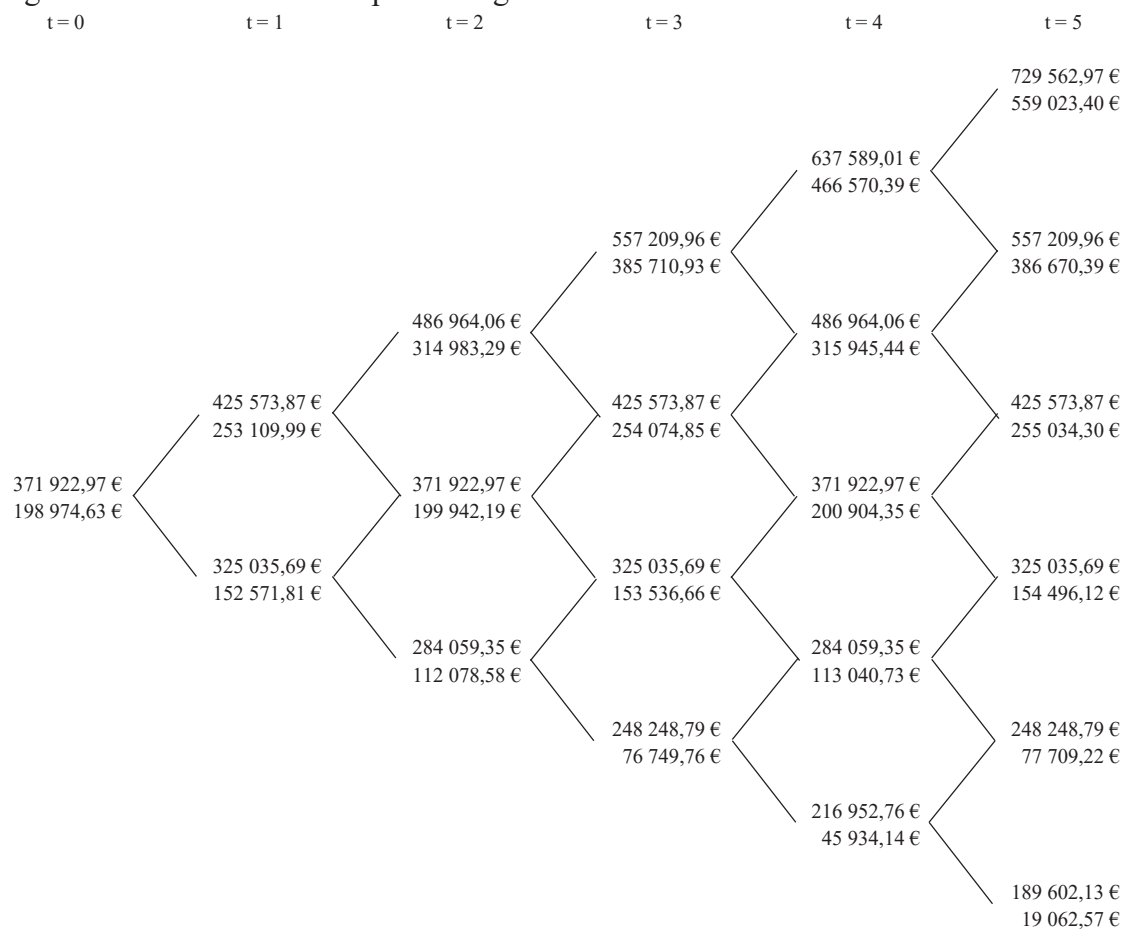
Figura 36. Modelo Binomial para a Região Norte referente ao Cenário Base.



Visualizando a figura acima exposta, constata-se que no cenário base, na região Norte, o valor do Ativo Subjacente irá oscilar entre 261.837,50€ e 666.296,50€. Para além disso, o valor do terreno com a opção de diferimento assume o valor de 539.025,77€.

Em relação à região Centro, o valor de u é de 1,144 e a probabilidade de ocorrer um cenário favorável é de 65,87%, enquanto o valor de d é 0,874 e a probabilidade de ocorrer um cenário desfavorável é de 34,13%. Com estes cálculos efetuados, compõe-se o modelo de grelha que nos indica que o valor do ativo subjacente irá variar entre 189.602,13€ e 729.562,97€ e o valor do terreno com a opção de diferimento embutida será de 518.335,78€.

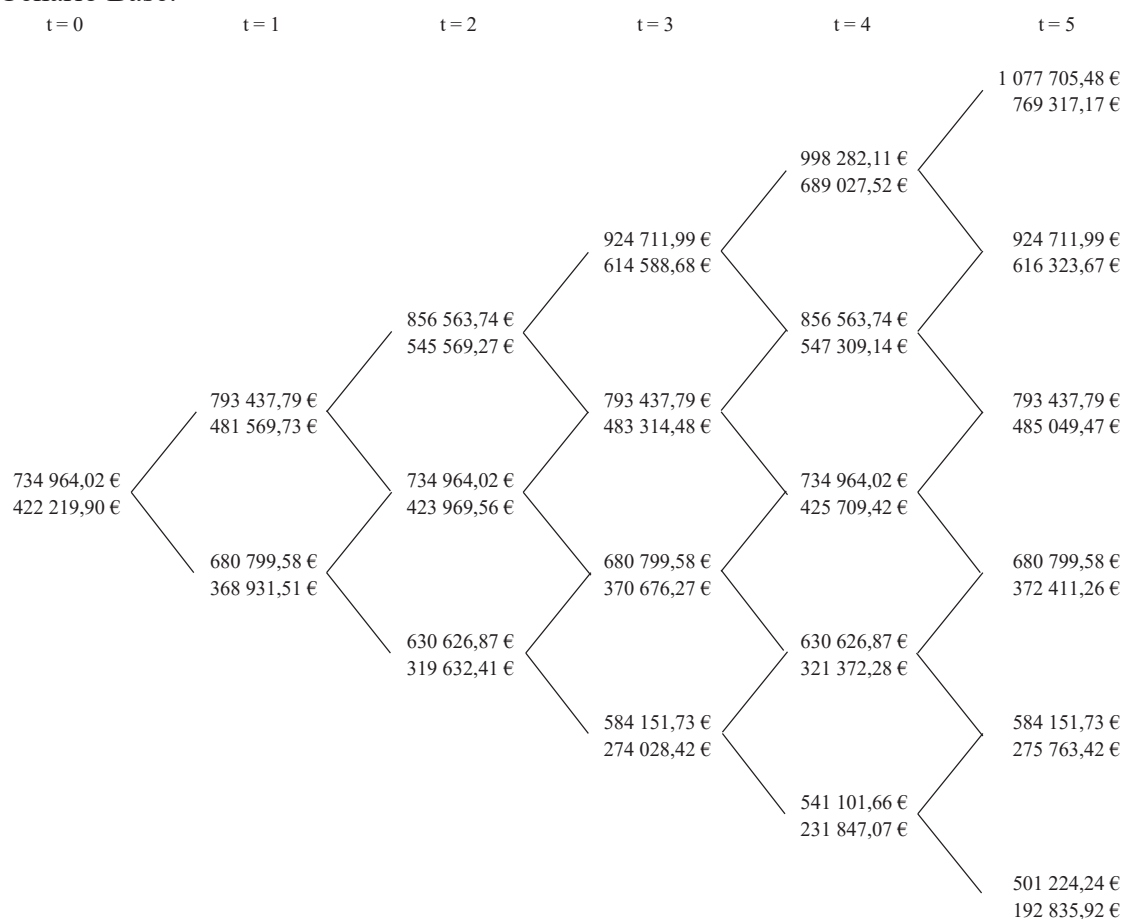
Figura 37. Modelo Binomial para a Região Centro referente ao Cenário Base.



Para a Área Metropolitana de Lisboa, os movimentos ascendentes do edifício de apartamentos novos têm por base o valor de u de 1,080 e o valor de d de 0,926. Relativamente às probabilidades de ocorrência dos cenários estas são de 82,02% para o cenário favorável e de 17,98% para o cenário desfavorável.

Como demonstra a Figura 38, o valor do Ativo Subjacente irá oscilar entre 501.224,24€ e 1.077.705,48€, estimando-se um valor para o projeto de investimento com incorporação da opção de diferimento de 925.890,98€.

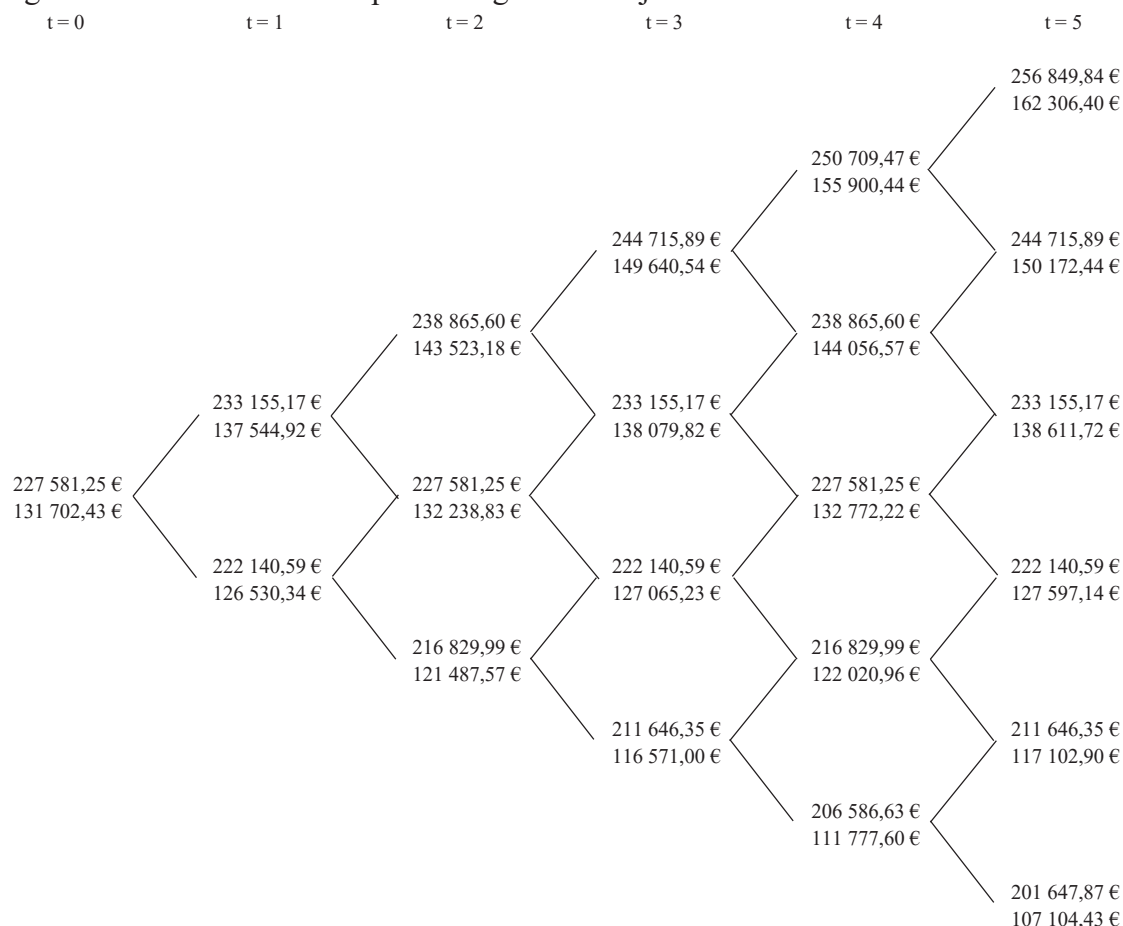
Figura 38. Modelo Binomial para a Região Área Metropolitana de Lisboa referente ao Cenário Base.



No que toca na Região do Alentejo, o Modelo Binomial demonstra que o valor do terreno com a opção de diferimento embutida é de 273.977,89€. No que diz respeito ao

Ativo Subjacente, calcula-se que o valor deste irá variar entre 201.647,87€, para valores de d na ordem dos 0,976, e 256.849,84€, e com o valor para u de 1,024, no quinto ano.

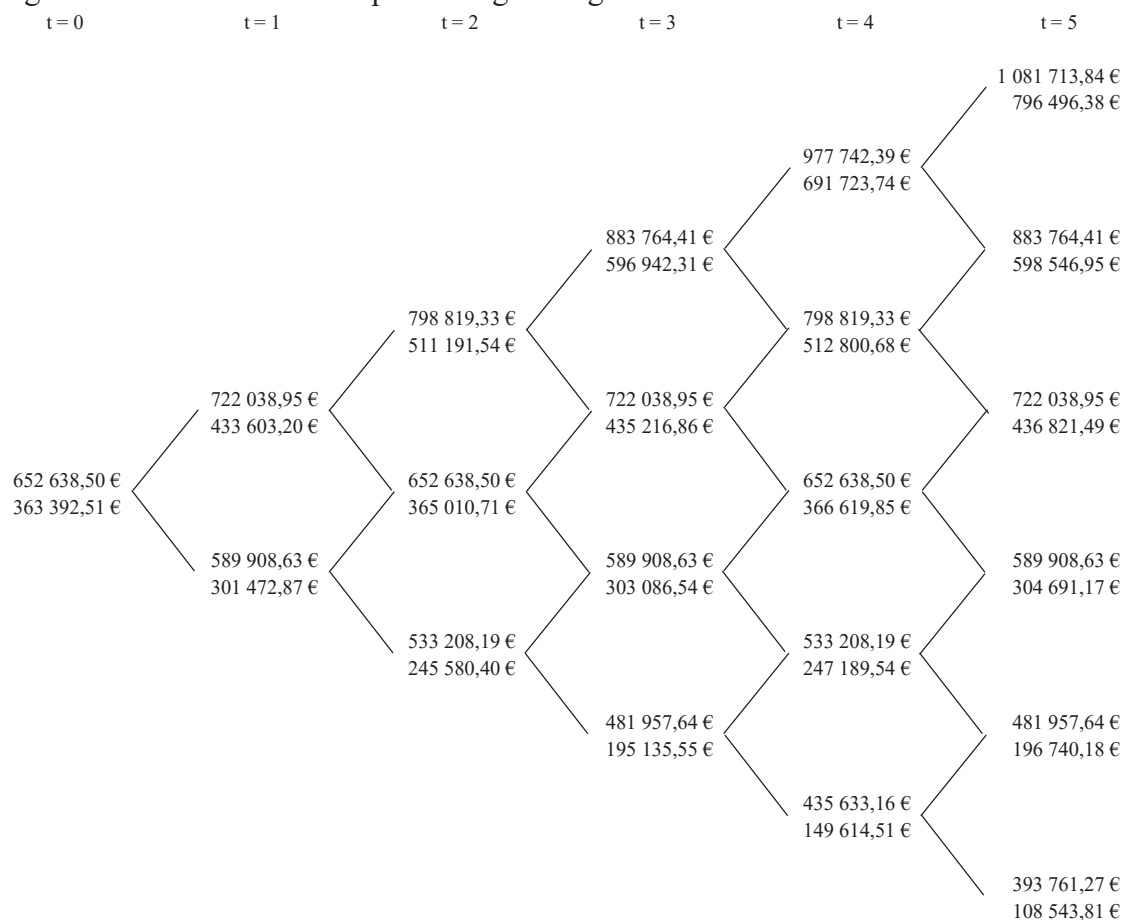
Figura 39. Modelo Binomial para a Região Alentejo referente ao Cenário Base.



Relativamente à Região Algarve, os valores de u e d são 1,106 e 0,904, respetivamente. A probabilidade correspondente ao estado de natureza favorável irá ser de 73,16% enquanto a probabilidade inerente ao estado de natureza desfavorável será de 26,84%.

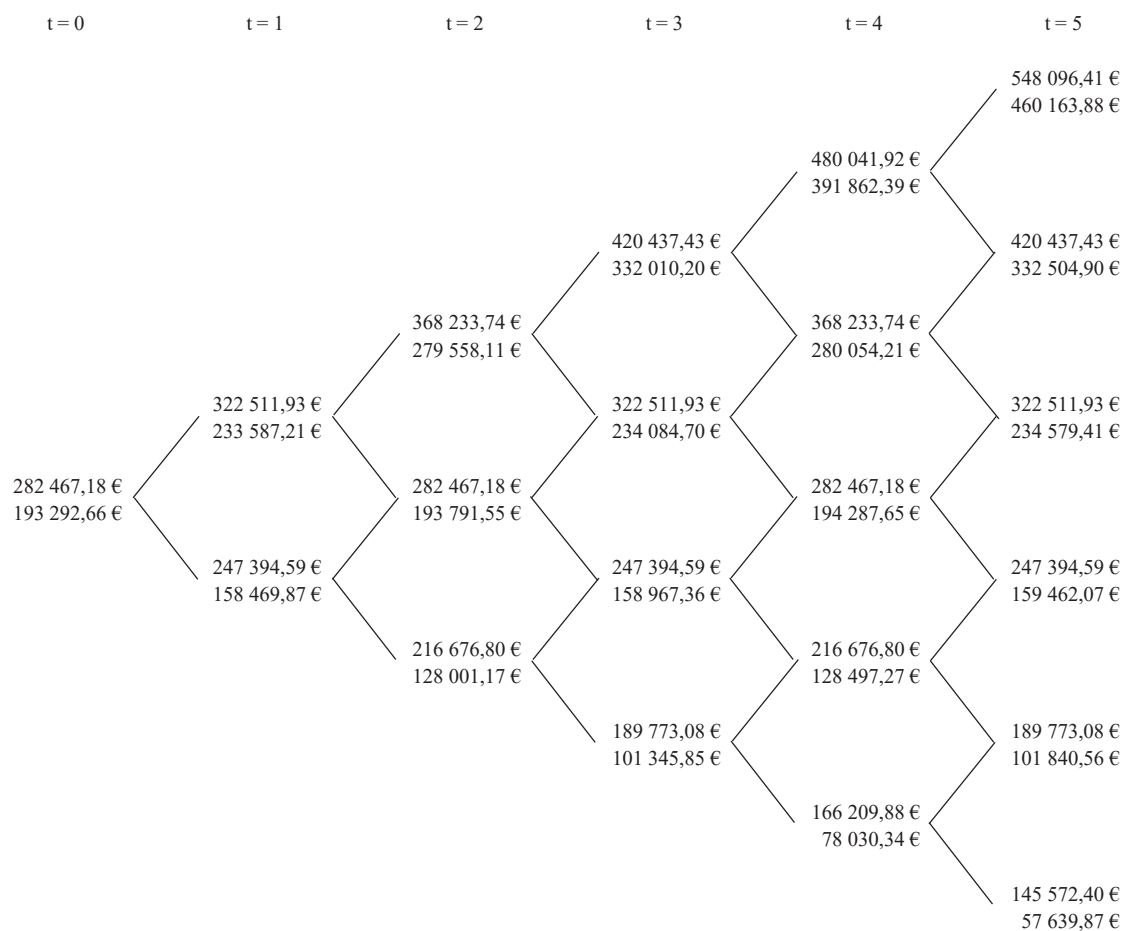
A Figura 40, abaixo apresentada, indica-nos que o valor do Ativo Subjacente irá variar entre 393.761,27€ e 1.081.713,84€, sendo ainda que o Modelo Binomial designa o valor do projeto de investimento considerado para o terreno tem um valor atual de 352.728,24€.

Figura 40. Modelo Binomial para a Região Algarve referente ao Cenário Base.



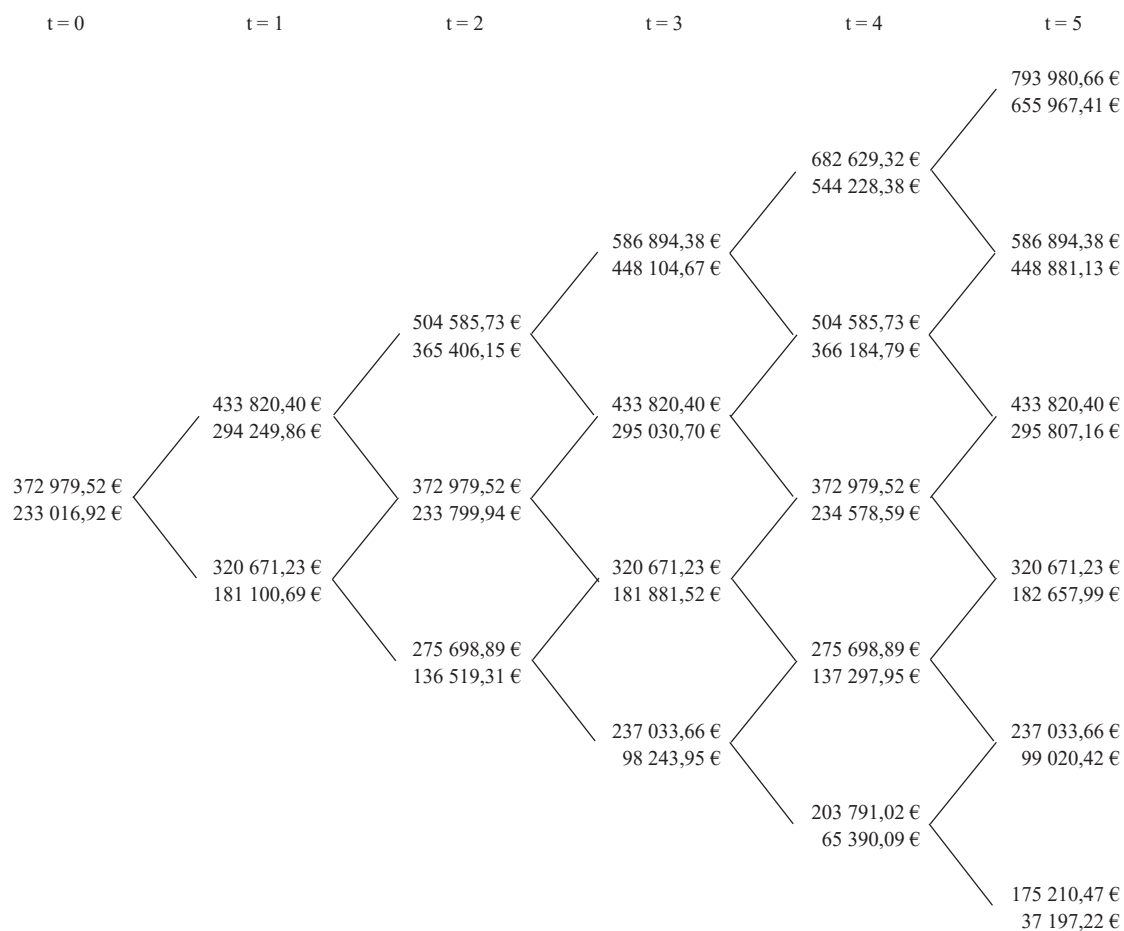
Para a Região Autónoma dos Açores, os movimentos ascendentes do ativo subjacente são baseados num valor para u de 1,142, enquanto os movimentos descendentes são figurativos de um valor para d na ordem dos 0,876. A probabilidade de ocorrência do cenário favorável e desfavorável é de 66,24% e 33,76%, respetivamente. É de referir, ainda, que a Região Autónoma dos Açores apresentará um valor para o terreno incorporando o valor da opção de diferimento de 391.845,26€, sendo que o valor do Ativo Subjacente oscilará entre 145.572,40€ e 548.096,41€.

Figura 41. Modelo Binomial para a Região Autónoma dos Açores referente ao Cenário Base.



O Modelo Binomial para a Região Autónoma da Madeira produz no cenário base valores para o Ativo Subjacente compreendidos entre 175.210,47€ e 793.980,66€. No que diz respeito ao valor da opção de diferimento esta prevê-se de 233.016,92€ e o correspondente valor global do terreno com a opção de diferimento embutida de 539.285,54€. Para a região em questão estimou-se um valor de u de 1,163 e de d de 0,860.

Figura 42. Modelo Binomial para a Região Autónoma da Madeira referente ao Cenário Base.



De seguida, apresentar-se-á uma tabela resumo com resultados obtidos para o valor do terreno incorporando a opção de diferimento, através da utilização do Modelo Binomial para o cenário base. Na mesma tabela, serão ainda expostos os dados referentes ao cenário base e ao cenário 1, ou seja, quando se procede em expande o horizonte temporal para 10 anos.

Tabela 33. Modelo Binomial referente ao Cenário Base (5 anos) e Cenário 1 (10 anos), com 1 subperíodo.

Regiões	Cenário Base: 5 anos	Cenário 1: 10 anos
Norte	539 025,77 €	800 670,51 €
Centro	518 335,78 €	927 468,67 €
Área Metropolitana de Lisboa	925 890,98 €	1 290 464,81 €
Alentejo	273 977,89 €	335 638,96 €
Algarve	852 728,24 €	1 307 456,11 €
Região Autónoma dos Açores	391 845,26 €	693 769,11 €
Região Autónoma da Madeira	539 285,54 €	1 046 795,76 €

Observando a Tabela 33, concluiu-se que a alteração do horizonte temporal de 5 para 10 anos provoca uma valorização notória dos valores dos terrenos obtidos pelo Modelo Binomial. É de realçar que o incremento que o valor dos terrenos sofre expõe o facto de o horizonte temporal se tratar de uma variável com enorme peso na valorização das opções reais e, neste caso, na opção de diferimento.

Seguidamente, serão apresentados e analisados os resultados obtidos para os valores dos terrenos para o cenário base e cenário 1, aquando da aplicação do Modelo Trinomial. Saliente-se que este método de avaliação é muito semelhante ao Modelo Binomial, contudo, considera três estados de natureza possíveis para o Ativo Subjacente, ou seja, mais um estado do que o Modelo Binomial.

Tabela 34. Modelo Trinomial referente ao Cenário Base (5 anos) e Cenário 1 (10 anos), com 1 subperíodo.

Regiões	Trinomial: Cenário Base	Trinomial: Cenário 1
Norte	547 974,94 €	894 527,22 €
Centro	537 617,50 €	1 181 707,61 €
Área Metropolitana de Lisboa	935 961,09 €	1 387 639,67 €
Alentejo	274 260,93 €	337 921,05 €
Algarve	869 510,06 €	1 490 707,66 €
Região Autónoma dos Açores	405 896,26 €	876 729,29 €
Região Autónoma da Madeira	565 335,05 €	1 424 623,18 €

À semelhança do que acontece com o Modelo Binomial, a expansão do horizonte temporal de mais 5 anos instigou um aumento notório nos valores dos terrenos obtidos também pelo Modelo Trinomial. Demonstrando, assim, o forte impacto que o horizonte temporal tem na valorização das opções reais. Saliente-se que os valores do cenário base são próximos aos obtidos para o mesmo cenário através do Modelo Binomial.

Posteriormente, expor-se-á os resultados estimados para o valor dos terrenos com a opção de diferimento incorporada através da aplicação da metodologia de avaliação de opções reais de Black e Scholes (1973), para cada uma das regiões em estudo. Note-se que este método é utilizado apenas para efeitos comparativos, em virtude das limitações que possui em contexto de ativos reais.

O modelo de Black e Scholes (1973) ao ser comparado com os valores dos terrenos com a opção de diferimento embutida de Quigg (1993), $V(P, X)$, e o Valor Intrínseco, $V^I(X, P)$, para uma maturidade de 5 anos, demonstram-se, na sua maioria, ser inferiores, como é possível verificar através da Tabela 35.

Tabela 35. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e de Black e Scholes (1973) por Regiões, para $t = 5$ anos.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Black e Scholes (1973)
Norte	425 018,52 €	385 636,69 €	315 533,00 €
Centro	196 965,27 €	157 366,29 €	236 670,66 €
Área Metropolitana de Lisboa	862 397,82 €	836 702,46 €	493 822,16 €
Alentejo	189 720,67 €	187 063,08 €	153 653,73 €
Algarve	411 131,17 €	390 089,55 €	429 579,02 €
Região Autónoma dos Açores	274 445,48 €	220 830,85 €	213 696,36 €
Região Autónoma da Madeira	286 624,06 €	271 725,51 €	264 242,84 €

Ao expandir o tempo de maturidade da opção para 10 anos, observa-se um acréscimo no valor dos terrenos, quando aplicada a metodologia de Black e Scholes (1973).

Tabela 36. Valores de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$ e de Black e Scholes (1973) por Regiões, para $t = 10$ anos.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Black e Scholes (1973)
Norte	425 018,52 €	385 636,69 €	338 914,20 €
Centro	196 965,27 €	157 366,29 €	264 576,11 €
Área Metropolitana de Lisboa	862 397,82 €	836 702,46 €	549 030,63 €
Alentejo	189 720,67 €	187 063,08 €	170 579,32 €
Algarve	411 131,17 €	390 089,55 €	480 400,99 €
Região Autónoma dos Açores	274 445,48 €	220 830,85 €	229 261,16 €
Região Autónoma da Madeira	286 624,06 €	271 725,51 €	286 680,69 €

Saliente-se que realizando uma comparação entre os valores obtidos com a aplicação do Modelo Black e Scholes na Tabela 35 e 36, nota-se um incremento perante o alargamento do horizonte temporal de 5 para 10 anos. Este acréscimo vem, mais uma vez, expressar o forte impacto que a variável horizonte temporal tem na valorização das opções reais.

Ao aproximar-se o final deste subcapítulo, irá ser exibido um conjunto de tabelas resumo que contemplam os valores alcançados para cada um dos modelos de avaliação, para as diferentes regiões em análise, para o cenário base e cenário 1.

Tabela 37. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos para os diferentes Modelos, para o Cenário Base.

Regiões	$V^I(X,P)$	Binomial	Trinomial	Black e Scholes (1973)
Norte	385 636,69 €	539 025,77 €	547 974,94 €	315 533,00 €
Centro	157 366,29 €	518 335,78 €	537 617,50 €	236 670,66 €
Área Metropolitana de Lisboa	836 702,46 €	925 890,98 €	935 961,09 €	493 822,16 €
Alentejo	187 063,08 €	273 977,89 €	274 260,93 €	153 653,73 €
Algarve	390 089,55 €	852 728,24 €	869 510,06 €	429 579,02 €
Região Autónoma dos Açores	220 830,85 €	391 845,26 €	405 896,26 €	213 696,36 €
Região Autónoma da Madeira	271 725,51 €	539 285,54 €	565 335,05 €	264 242,84 €

Primeiramente, analisar-se-á o cenário base, em relação a este observa-se que o modelo de Black e Scholes (1973) apresentada o menor valor para os terrenos quando comparado com as restantes metodologias de avaliação. No entanto, para as regiões Centro e Algarve, o valor mais baixo é o Valor Intrínseco ou VAL Tradicional.

Tabela 38. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos para os diferentes Modelos, para o Cenário Base.

Regiões	$V^I(X,P)$	Binomial	Trinomial	Black e Scholes (1973)
Norte	385 636,69 €	800 670,51 €	894 527,22 €	338 914,20 €
Centro	157 366,29 €	927 468,67 €	1 181 707,61 €	264 576,11 €
Área Metropolitana de Lisboa	836 702,46 €	1 290 464,81 €	1 387 639,67 €	549 030,63 €
Alentejo	187 063,08 €	335 638,96 €	337 921,05 €	170 579,32 €
Algarve	390 089,55 €	1 307 456,11 €	1 490 707,66 €	480 400,99 €
Região Autónoma dos Açores	220 830,85 €	693 769,11 €	876 729,29 €	229 261,16 €
Região Autónoma da Madeira	271 725,51 €	1 046 795,76 €	1 424 623,18 €	286 680,69 €

No cenário 1 e à semelhança do cenário base, os valores do terrenos quando calculados com a metodologia do Black e Sholes (1973) é inferior às demais, exceto nas regiões do Centro e Algarve, onde o cálculo com o VAL Tradicional determina o valor menor, como se pode verificar na Tabela 38.

Por fim, a Tabela 39 reunirá todos os valores dos terrenos com a opção de diferimento embutida determinados para cada região em estudo. Note-se ainda que os

valores expostos dizem respeito ao modelo ajustado de Quigg (1993) e aos métodos de grelha Binomial e Trinomial, para o cenário base, ou seja, com maturidade de 5 anos.

Tabela 39. Tabela Resumo dos Valores dos Terrenos de $V(P, X)$, $V^I(X, P)$, Modelo Binomial e Trinomial.

Regiões	$V(P, X)$	$V^I(X, P)$	Binomial	Trinomial
Norte	425 018,52 €	385 636,69 €	539 025,77 €	547 974,94 €
Centro	196 965,27 €	157 366,29 €	518 335,78 €	537 617,50 €
Área Metropolitana de Lisboa	862 397,82 €	836 702,46 €	925 890,98 €	935 961,09 €
Alentejo	189 720,67 €	187 063,08 €	273 977,89 €	274 260,93 €
Algarve	411 131,17 €	390 089,55 €	852 728,24 €	869 510,06 €
Região Autónoma dos Açores	274 445,48 €	220 830,85 €	391 845,26 €	405 896,26 €
Região Autónoma da Madeira	286 624,06 €	271 725,51 €	539 285,54 €	565 335,05 €

O próximo capítulo destina-se à enunciação das principais conclusões deste longo processo de investigação, avaliação e análise, seja a nível de resultados empíricos alcançados seja a nível de metodologias de avaliação de opções reais aplicadas na valorização de ativos com opções de diferimento embutidas.

CAPÍTULO V – Conclusão

5. Conclusão

Neste capítulo enunciamos as principais conclusões retiradas no decorrer do estudo de avaliação, como também serão indicados os contributos mais significativos das metodologias adotadas.

A análise de sensibilidade realizada às principais variáveis que compõem o VAL tradicional relevam as que têm maior impacto no valor final dos terrenos. Desta forma, pode-se concluir que são três as variáveis com maior impacto: a elasticidade escala/preço dos edifícios de apartamentos novos; a dimensão dos apartamentos novos; e o parâmetro da escala das despesas de construção. Tanto a elasticidade escala/preço dos edifícios como a dimensão dos apartamentos promovem o crescimento positivo do Valor Intrínseco. No caso da escala das despesas de construção, estas provocam um efeito negativo e decrescente. Tome-se em atenção que a região com maior efeito da elasticidade escala/preço é a região Norte, seguida do Centro e da Madeira, com 70,0%, 58,5% e 42,4%, respetivamente. Em relação ao parâmetro da escala das despesas de construção, estas apresentam um impacto mais negativo na região do Alentejo (-12%) e do Algarve (-10,6%). Por fim, a variável dimensão dos edifícios possui maior expressão nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, com cerca de 42,4% e 41,8%, respetivamente. Os restantes parâmetros são menos significativos e alternam o seu contributo de região para região, pelo que não é possível estabelecer uma ordem específica.

A Análise Tornado realizada, no ponto 4.3, ao Valor Intrínseco dos terrenos mostra estar em concordância com a análise de sensibilidade, isto é, as variáveis que contribuem para maiores intervalos de variação no valor final do terreno são: a elasticidade escala/preço; a dimensão dos edifícios; e o parâmetro de escala das

despesas de construção. No entanto, na Análise Tornado, a variável preço dos edifícios também ganha alguma expressão.

Refira-se, ainda, a volatilidade da variável preço, com grande importância para o cálculo e variação do valor da opção de diferimento. Constate-se que a variável em estudo apresenta uma média de volatilidade de 10,19%, sendo o seu máximo 13,48% e o seu mínimo 2,42%. Saliente-se que para a Região Alentejo, região onde se obteve a menor volatilidade para o preço, somente existe dados para os últimos dois anos em análise relativos a esta variável.

Os dados da despesa de construção em Portugal é um ponto que poderá ser melhorado num trabalho de investigação futura, pois a utilização do valor médio anual de construção fixado pela Comissão Nacional de Avaliação de Prédios Urbanos (CNAPU), publicado através de Portaria no Diário da República, é uma *proxy*. Porém, este valor permanece estagnado desde 2010. Note-se que a estagnação deste valor não permite uma aproximação à realidade do mercado português.

Outro ponto que deve ser esclarecido é o preço médio global dos edifícios dos apartamentos. Os preços disponibilizados pela Confidencial Imobiliário representam apenas uma média e não a totalidade dos preços dos apartamentos comercializados em Portugal. Note-se que uma das advertências da organização é que nem todos os seus parceiros disponibilizam toda a informação, o que poderá condicionar o estudo.

No que diz respeito à aplicação do modelo ajustado de Quigg (1993) na avaliação dos terrenos, é possível concluir através dos resultados obtidos que, em média, a opção de diferimento representa 9,09% do valor final do terreno, com um valor mínimo de 1,40% e máximo de 20,10%, registado para a Região Alentejo. Tome-se em atenção que perante uma redução do parâmetro de escala das despesas de construção de 1 para 0,9, verificou-se um aumento significativo no nível médio do valor das opções de

diferimento embutidas no valor final do terreno, passando de 9,09% para 27,83%. É de referir que o aumento observado nas regiões em estudo muitas vezes apenas expressa a extensão do impacto da redução das despesas globais de construção no valor final do terreno. Para além disso, esta redução traz numa nova indicação aos proprietários do terreno: se $z > z^*$, quer isto dizer que se alcança o momento ótimo para o exercício da opção, em qualquer uma das regiões portuguesas. A outra alteração estudada no modelo ajustado de Quigg (1993) foi o aumento dos rendimentos dos terrenos inutilizados para 5%. Para esta rendibilidade, em nenhuma das regiões, o detentor do terreno quererá exercer a opção em virtude de, nesse pressuposto, obter um maior rendimento.

Relativamente aos modelos Binomial e Trinomial, os valores finais obtidos para os terrenos com recurso a estas duas metodologias são sempre superiores às demais utilizadas, designadamente, modelo ajustado de Quigg (1993) e VAL tradicional. Note-se que, no cenário base, aquando da alteração do horizonte temporal de 5 para 10 anos, tanto o valor das opções de diferimento como o valor global do terreno aumentam consideravelmente, expondo a sensibilidade das opções de diferimento à variável horizonte temporal no processo de avaliação.

O último método de avaliação a ser apresentado foi o modelo de Black e Scholes (1973), que mais uma vez recorda-se não ser apropriado para avaliação de ativos reais, daí apenas ter sido utilizado para fins comparativos.

Como sugestão para trabalhos de investigação futura, o modelo desenvolvido por Quigg (1993) poderá incluir uma componente de despesas fixas (f) que se reporte não só às despesas fixas da construção mas também ao período anterior ao investimento de construção propriamente dito, como por exemplo, a compra do terreno, os registos do terreno, os pedidos de licença e alvará de construção do edifício, dado que são custos *à priori* mas, muitas vezes, não são contemplados nos modelos de avaliação dos projetos

de investimento. Poderá ser também interessante um estudo sobre o desenvolvimento de um *rating*, à semelhança do “*Property and Market Rating*”, adaptado às propriedades portuguesas, que facilitasse a avaliação dos prédios e, conseqüentemente, a tomada de decisão.

BIBLIOGRAFIA

Amram, M., e Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston: Harvard Business School Press.

Berger, P., Ofek, E., e Swary, I. (1996). *Investor Valuation of the Abandonment Option*. *Journal of Financial Economics*, 42, 257-287.

Black, F., e Scholes, M. (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. *Journal of Political Economy*, 81, May-Jun, 637-659.

Boyle, P. (1977). *Options: A Monte Carlo approach*. *Journal of Financial Economics*, 4, 323-338.

Boyle, P. (1986). *Option Valuation Using a Three-Jump Process*. *International Options Journal*, 3, 7-12.

Boyle, P. (1988). *A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables*. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23 (1), March, 1-12.

Brennan, M., e Schwartz, E. (1985). *Evaluating Natural Resource Investments*. *Journal of Business*, 58 (2), 135-157.

Bulan, L., Mayer, C. J., e Somerville, T. (2002). *Irreversible Investment, Real Options, and Competition: Evidence from Real Estate Development*. Working Paper, UBC Commerce Center for Urban Economics and Real Estate.

Calabrò, F., & Della Spina, L. (2014). *The public-private partnerships in buildings regeneration: a model appraisal of the benefits and for land value capture*. 5nd International Engineering Conference KKV-IENC 2014, Advanced Materials Research, Vol. 931-932, 555-559.

Camagni, R. (2009). *Per un concetto di capitale territoriale. Crescita e sviluppo regionale: strumenti, sistemi ed azioni*. Milano: FrancoAngeli.

Capozza, D., e Li, Y. (1994). *The Intensity and Timing of Investment: The Case of Land*. American Economic Review, 84 (4), 889-904.

Capozza, D., e Schwann, G. (1990). *The Value of Risk in Real Estate Markets*. Journal of Real Estate Finance and Economics, 3, 117-140.

Čirjevskis, A. e Tatevosjans, E.(2015). *Empirical Testing of Real Option in the Real Estate Market*. Procedia Economics and Finance 24 (2015) 50-59.

Copeland, T., e Antikarov, V. (2003). *Real Options: A Practitioner's Guide*. New York: Thomson, Texere.

Copeland, T., Koller, T., e Murrin, J. (2000). *Valuation: Measuring and Managing the*

Value of Companies, third edition. New York: McKinsey & Company, John Wiley.

Cortazar, G., e Schwartz, E. (1997). *Implementing a Real Option Model for Valuing an Undeveloped Oil Field.* International Transactions in Operational Research, 4 (2), 125-137.

Costello, G., e Leishman, C. (2011). *Using Option Pricing Theory to Value Development Land.* 17th Pacific Rim Real Estate Society Conference.

Couto, G. (2006). *Opções Reais e Decisão Sob Incerteza no Processo de Relocalização.* Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Economia e Gestão, Lisboa. Orientação do Professor Doutor José de Azevedo Pereira (ISEG/UTL) e Coorientação da Professora Doutora Cláudia Nunes Philippart (IST/UTL).

Couto, G., Crispim, J., Lopes, M., Pimentel, P., e Sousa, F. (2014). *Avaliação de Investimentos.* Lisboa: Áreas Editora, S.A. (2º Edição), 179-288.

Cox, J., e Ross, S. (1976). *The Valuation of Options for Alternative Stochastic Process.* Journal of Financial Economics, 3, 145-166.

Cox, J., Ross, S., e Rubinstein, M. (1979). *Options Pricing: A Simplified Approach.* Journal of Financial Economics, 7, 229-263.

Derycke, P.H. (1972). *Economia urbana.* Bologna: Il Mulino.

Dixit, A., e Pindyck, R. (1994). *Investment Under Uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press, Princeton.

Dixit, A., e Pindyck, R. (1995). *The Options Approach to Capital Investment*. Harvard Business Review (May-June), 105-118.

Doraszelski, U. (2001). *The Net Present Value Method versus the Option Value of Waiting: A note on Farzin, Huisman and Kort (1998)*. Journal of Economics Dynamics & Control, 25, 1109-1115.

European Property and Market Rating (2015). A Valuer's Guide.

Fama, E. (1977). *Risk-Adjusted Discount Rates and Capital Budgeting under Uncertainty*. Journal of Financial Economics, 5, 3-24.

Farzin, Y., Huisman, K., e Kort, P. (1998). *Optimal Timing of Technology Adoption*. Journal of Economic Dynamics and Control, 22, 779-799.

Floyd, C., e Allen, M. (2002). *Real Estate Principles Dearborn Real Estate*.

Geltner, D. (1989). *On the Use of the Financial Option Price Model to Value and Explain Vacant Urban Land*. AREUEA Journal, 17 (2), 142-158.

Greco, I., & Bencardino, M. (2014). *The paradigm of the modern city: SMART and SENSEable Cities for smart, inclusive and sustainable growth*. ICCSA 2014, Part II, 579-597.

Holland, A., e Riddiough, T. (2000). *The Role of Uncertainty in Investment: An Examination of Competing Investment Models Using Commercial Real Estate Data*. Real Estate Economics, 28 (1), 33-64.

Huisman, K. (2000). *Technology Investment: a Game Theoretic Real Options Approach*. Ph.D. thesis, Julho, Tilburg University, Department of Econometrics, Center Dissertation Series – Centre for Quantitative Methods in Eindhoven, Tilburg, The Netherlands.

Ingersoll, J., e Ross, S. (1992). *Waiting to Invest: Investment and Uncertainty*. Journal of Business, 65, 1-30.

Kaklauskas, A. (2015). *Biometric and Intelligent Decision Making Support Series: Intelligent Systems Reference Library 81 (XII)*. Springer-Verlag, Berlin, 228.

Kaklauskas, A., Daniunas, A., Binkyte, A., Kliukas, R., Kazokaitis, P., Kaklauskas, G., Juozapaitis, A., Banaitis, A., Budryte, L. (2015). *Crisis Thermometer for Housing Market Recommendations*. Land Use Policy 48, 25-37.

Kalberer, W. (2012). *The future of risk analysis in valuation: property and market rating*. TEGOVA EVS Conference, Krakow.

Kemna, A. (1993). *Case Studies on Real Options*. *Financial Management*, 22 (3), Autumn, 259-270.

Kester, W. (1984). *Today's Options for Tomorrow's Growth*. *Harvard Business Review*, March-April, 153-160.

Kulatilaka, N. (1993). *The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler*. *Financial Management*, Autumn, 271-280.

Lima, L. (2017). *Imobiliário em Portugal: O regresso à construção nova*. *blog.imobiliario.com.pt*. <http://blog.imobiliario.com.pt/2017/01/luis-lima-o-regresso-construcao-nova.html>, (24 de janeiro de 2017).

Lint, O., e Pennings, E. (1998). *R&D as an Option on Market Introduction*. *R&D Management*, 28, 279-287.

Luehrman, T. (1998a). *Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers*. *Harvard Business Review*, Julho-Agosto, 51-67.

MacDonald, R., e Siegel, D. (1986). *The Value of Waiting to Invest*. *The Quarterly Journal of Economics*, 101 (4), Nov, 707-728.

Majd, S., e Pindyck, R. (1987). *Time to Build, Option Value, and Investment Decisions*. *Journal of Financial Economics*, 18 (1), 7-27.

Martin, F. (1968). *La théorie de la croissance par étapes*. Développement urbain et analyse économique. Paris: Cujas.

Merton, R. (1973). *Theory of Rational Option Pricing*. Bell Journal of Economics and Management Science, 4, Spring, 141-183.

Mestre, C. (2010). *Avaliação das Oportunidades de Investimento no âmbito das Opções Reais Aplicadas ao Imobiliário*. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa. Orientação do Doutor Francisco José Loforte Teixeira Ribeiro e coorientação da Doutora Maria dos Anjos Ramos.

Miltersen, K., e Schwartz, E. (2003). *R&D Investments with Competitive Interactions*. Working Paper, February, Norwegian School of Economics and Business Administration, Department of Finance and Operations Research e The John E. Anderson Graduate School of Management at UCLA, Department of Finance.

Moel, A., e Tufano, P. (2002). *When are Real Options Exercised? An Empirical Study of Mine Closings*. The Review of Financial Studies, 15 (1), 35-64.

Morano, P., Tajani, F., & Locurcio, M. (2015). *Land use, economic welfare and property values. Na analysis of the interdependencies of the real estate market with zonal and socio-economic variables in the municipalities of the Region of Puglia (Italy)*. International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems, Vol.6, 16-39.

Mun, J. (2002). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*. New York: Wiley & Sons.

Mun, J. (2003). *Real Options Analysis Course: Business Cases and Software Applications*. New York: Wiley & Sons.

Myres, S. (1984). *Finance Theory and Financial Strategy*. Interfaces, 14, 126-137.

Nesticò, A., e Bencardino, M., (2016). *Urban real estate values on vast area and macroeconomic parameters*. Procedia – Social and Behavioral Sciences 223 (2016) 410-415.

Neves, J., Montezuma, J., e Laia, A. (2010). *Análise de Investimentos Imobiliários*. Alfragide: Texto Editores, Lda (2º Edição), 260-295.

Oliveira, C. (2007). *Avaliação de Opções Reais Aplicadas: Uma Aplicação ao Mercado Imobiliário Português*. Tese de Mestrado. Universidade dos Açores. Orientação do Professor Doutor Gualter Manuel Medeiros do Couto.

Orefice, M. (1984). *Estimo*. Torino: UTET.

Paddock, J., Siegel, D., e Smith, J. (1988). *Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases*. Quarterly Journal of Economics. 103 (3), 479-508.

Pindyck, R. (1988). *Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm*. American Economic Review, 78, 969-985.

Pindyck, R. (1993). *Investments of Uncertain Cost*. Journal of Financial Economics, 34, 53-76.

Porfírio, J., Couto, G., e Lopes, M. (2004). *Avaliação de Projectos: Da Análise Tradicional às Opções Reais*. Publisher Team.

Quigg, L. (1992). *U of I's Laura Quigg Applies Real Options Concept to Real Estate*. ORER Letter, Spring/Summer, 10-13.

Quigg, L. (1993). *Empirical Testing of Real Option-Pricing Modules*. The Journal of Finance, 48, 621-640.

Razzak, M.A. (2015). *Location profiling in cadastre for property value intelligence*. The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition (WCS-CE) Turkey 2015.

Renigier-Bilozor, M., Bilozor, A. e Wisniewski, R. (2016). *Rating Engineering of Real Estate Markets as the Condition or Urban Areas Assessment*. Land Use Policy 61 (2017), 511-525.

Roberts, K., e Weitzman, M. (1981). *Funding Criteria for Researchs, Development, and Exploration Projects*. Econometrica, 49, September, 1261-1288.

Samuelson, P. (1965). *Rational Theory of Capital Asset Pricing*. Industrial Management Review, 6, (Spring), 41-50.

Silva, E. (2011). *Gestão Financeira – Opções Reais*. Porto: VidaEconómica.

Sing, T. F., e Patel, K. (2001a). *Empirical Evaluation of the Value of Waiting to Invest*. Journal of Property Investment and Finance, 19 (6), 535-553.

Sing, T. F., e Patel, K. (2001b). *Evidence of Irreversibility in the UK Property Market*. The Quartely Review of Economics and Finance, 41, 313-334.

Sivitanidou, R., e Sivitanides, P. (2000). *Does the Theory of Irreversible Investments Help Explain Movements in Office – Commercial Construction?*. Real Estate Economics, 28, 623-661.

Smith, J., e Nau, R. (1995). *Valuing Risky Projects: Option Theory and Decision Analysis*. Management Science, 41 (5), May, 795-816.

Titman, S. (1985). *Urban Land Prices under Uncertainty*. American Economic Review, 75 (3), 505-514.

Trigeorgis, L. (1991). *A Log-transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments*. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 26, September, 309-326.

Trigeorgis, L. (1993). *Real Options and Interactions with Financial Flexibility*. *Financial Management*, 22 (3), Autumn, 202-224.

Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. The MIT Press, Cambridge, MA.

Williams, J. (1991). *Real Estate Development as an Option*. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 4, 191-208.

Williams, J. (1993). *Equilibrium and Options on Real Assets*. *The Review of Financial Studies*, 6 (4), 825–850.

Winston, W. (1999). *Decision Making Under Uncertainty – with RiskOptimizer*. (Eds.) Palisade Co..

Yamazaki, R. (2001). *Empirical Testing of Real Option Pricing Models Using Land Price Index in Japan*. *Journal of Property Investment & Finance*, 19 (1), 53-72.

Yanxiang, A., e Cannaday, R. (2004). *Value of the Option to Develop Residential Land: An Empirical Estimate*. *Real Estate Review*, Winter 2004, 32(4): 60–65.

Yao, H., e Pretorius, F. (2004). *Empirical Testing of Real Options in the Hong Kong Residential Real Estate Market*. Working Paper, University of Hong Kong.

UNIVERSIDADE DOS AÇORES
Faculdade de Economia e Gestão

Rua da Mãe de Deus
9500-321 Ponta Delgada
Açores, Portugal