

ROBERTO MATIDA NAKAO JUNIOR

MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA  
SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

UBERABA  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIANGULO MINEIRO  
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA  
SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas – ICTE – UFTM, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Lauro Osiro

UBERABA  
2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

N153m Nakao Júnior, Roberto Matida  
Modelo de decisão multicritério para seleção de investimentos em *real estate* residencial / Roberto Matida Nakao Júnior. -- 2019.  
56 f. : il., fig., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019  
Orientador: Prof. Dr. Lauro Osiro

1. Desenvolvimento habitacional. 2. Habitações - Projetos e construção.  
3. Administração de projetos. 4. Processo decisório por critério múltiplo.  
I. Osiro, Lauro. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 351.778.53

ROBERTO MATIDA NAKAO JUNIOR

MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE  
INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

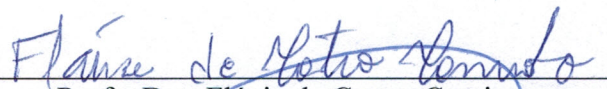
Trabalho de conclusão apresentado ao  
Programa de Mestrado Profissional em  
Inovação Tecnológica da Universidade Federal  
do Triângulo Mineiro, como requisito para  
obtenção do título de mestre.

Uberaba, 29 de março de 2019

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Lauro Osiro  
Orientador – UFTM



Profa. Dra. Flávia de Castro Camioto  
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima  
Membro titular – UTFPR

## AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Lauro Osiro, pelas suas orientações, motivação, amizade e por ser uma referência como pessoal e profissional.

Aos membros da banca Flavia e Rafael.

À minha família Roberto, Marinalda e Rodrigo pela fé e companheirismo que sempre tiveram em mim.

À minha namorada Milene pela companhia, incentivo e por ser um exemplo como profissional acadêmico.

Aos colegas do PMPIT/UFTM em especial ao Cleobio e Milena.

A equipe da Laterza Construções pelo conhecimento compartilhado e incentivo para a realização da pesquisa.

A todos amigos e familiares.

“Lembre-se, o sucesso é uma jornada, não um destino.  
Tenha fé na sua capacidade”

## RESUMO

O déficit habitacional atrai investimentos no setor de *real estate* para a construção de moradias, no Brasil a demanda atual é de 7,78 milhões de unidades habitacionais. O estudo busca contribuir com o desempenho dos empreendedores através de um modelo de decisão multicritério para seleção das melhores opções de investimento em projetos de desenvolvimento residencial. No primeiro momento do estudo são apresentados os critérios em que os projetos devem ser avaliados. Em seguida, é apresentado o procedimento de aplicação do modelo, utilizando a combinação das técnicas AHP e TOPSIS para a ponderar os critérios e selecionar os projetos. Por último, foi realizado o estudo de caso em uma incorporadora onde o modelo foi aplicado para selecionar e ranquear o portfólio de projetos da empresa. O resultado do estudo é a proposta de um modelo que complementa os já desenvolvidos na literatura, apresentando maior facilidade de aplicação e uma etapa para identificar critérios eliminatórios.

**Keywords:** real estate, desenvolvimento imobiliário, seleção de projetos, gestão de portfólio.

## ABSTRACT

The housing deficit attracts investments in the real estate sector for the construction of housing, in Brazil the current demand is 7.78 million housing units. The study seeks to contribute to entrepreneurs' performance through a multicriteria decision model to select the best investment options in residential development projects. The first stage of the study presents the criteria in which projects should be evaluated. Next, the model application procedure is presented, using the combination of the AHP and TOPSIS techniques to weigh the criteria and select the projects. Finally, the case study was carried out in a developer where the model was applied to select and rank the company's project portfolio. The result of the study is the proposal of a model that complements those already developed in the literature, presenting greater ease of application and a step to identify eliminatory criteria.

**Palavras-chave:** real estate, real estate development, construction project selection, portfolio manager.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Decisão em <i>real estate</i> .....	17
Figura 2: Ciclo <i>real estate</i> residencial.....	18
Figura 3: Crédito imobiliário no Brasil.....	22
Figura 4: Riscos na construção civil.....	26
Figura 5: Seleção de investimentos em projetos imobiliários.....	28
Figura 6: Seleção de projetos de construção.....	28
Figura 7: Modelo simples de estrutura hierárquica para aplicação do AHP.....	32
Figura 8: Etapas do modelo proposto.....	37
Figura 9: Hierarquia para análise de investimentos imobiliários residenciais .....	38
Figura 10: Hierarquia de critérios selecionados para estudo de caso.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pesquisas relacionadas a seleção de empreendimentos imobiliários.....	15
Tabela 2: Tipos de análise de projetos <i>real estate</i> residencial.....	19
Tabela 3: Parâmetros a ser considerada para definição do cenário referencial.....	23
Tabela 4: Análise financeira de projetos voltados a construção de <i>real estate</i> residencial.....	24
Tabela 5: Pesquisas relacionadas a seleção de projetos de construção e <i>real estate</i> .....	27
Tabela 6: Critérios para seleção projetos de construção <i>real estate</i> residencial.....	29
Tabela 7: Escala numérica para julgamento da técnica AHP.....	33
Tabela 8: AHP - Índice aleatório para n de 1 a 10.....	34
Tabela 9: Responsável pela análise de cada categoria.....	41
Tabela 10: Descrição dos projetos selecionados para estudo de caso.....	41
Tabela 11: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria C <sub>1</sub> Negociação.....	44
Tabela 12: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria C <sub>3</sub> Técnico.....	44
Tabela 13: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria C <sub>4</sub> Financeiro.....	45
Tabela 14: Pesos determinado para as categorias C <sub>2</sub> Financiamento e C <sub>5</sub> Jurídico.....	45
Tabela 15: Matriz de comparação e pesos obtidos para as categorias.....	45
Tabela 16: Matriz de comparação e pesos obtidos para as categorias.....	46
Tabela 17: Avaliação das alternativas.....	48
Tabela 18: Resultados aplicação da técnica TOPSIS.....	49
Tabela 19: Classificação dos projetos em prospecção.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

CCI – Cédula de Crédito Imobiliário

CRI – Certificado de Recebíveis Imobiliários

FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

FAR – Fundo de Arrendamento Residencial

FII – Fundo de Investimento Imobiliário

FDS – Fundo de Desenvolvimento Social

FNHIS - Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social

LCI – Letra de Crédito Imobiliário

LIG – Letra Imobiliária Garantida

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

VPL – Valor Presente Líquido

TIR – Taxa Interna de Retorno

SFH – Sistema de Financiamento da Habitação

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	12
2.	SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL .....	15
2.1.	PROCESSO DECISÓRIO NO SETOR IMOBILIARIO RESIDENCIAL.....	16
2.2.	AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL.....	17
2.2.1.	Negociação.....	19
2.2.2.	Jurídica .....	19
2.2.3.	Análise técnico-econômica do produto .....	20
2.2.4.	<i>Funding</i> .....	20
2.2.5.	Análise financeira.....	21
2.2.6.	Análise de risco .....	24
2.3.	SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL .....	26
3.	MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	31
3.1.	ANALITC HIERARCHY PROCESS (AHP) .....	32
3.2.	TECHNIQUE FOR ORDER PREFENCE BY SIMILIARITY TO IDEAL SOLUTIN (TOPSIS).....	35
4.	MODELO PROPOSTO .....	37
5.	ESTUDO DE CASO .....	41
5.1.	APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	41
5.2.	<i>FEEDBACK</i> DA EMPRESA SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO .....	52
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

O termo *real estate* é indicado para representar o setor de imobiliário. *Real estate* residencial é a nomenclatura citada para representar os empreendimentos imobiliários voltados a habitação.

A decisão de investir em *real estate* é inflexível, pois compreende construir ou adquirir edifícios com a finalidade e funções rígidas, exige segurança e fundamentos para a tomada de decisão. As decisões comprometem grandes capacidades financeiras cujo resultado geralmente é alcançado a longo prazo, exposto a vários fatores de risco. (LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011)

Os investimentos no setor imobiliário habitacional existem em todos os ciclos da economia. Segundo estudo da Fundação João Pinheiro (2018) a demanda é fomentada pelo aumento populacional, moradias precárias, desenvolvimento econômico, coabitação familiar, adensamento de pessoas em um imóvel e custo elevado de alugueis e aquisição.

No estudo desenvolvido pela Abrainc (2018), o déficit habitacional no Brasil é de cerca de 7,78 milhões de moradias. Para suprir essa demanda estima-se a necessidade de construção de 1,2 milhão de imóveis por ano até 2027. No mundo, segundo a *World Resource Institute*, cerca de 1,2 bilhão de pessoas não tem moradias acessíveis e seguras.

A demanda atrai investimentos para o setor, em que projetos imobiliários são desenvolvidos por incorporadoras e fundos de investimento. A análise dos projetos envolve uma gama de variáveis que dificulta a seleção da melhor opção a se investir. (LOIZOU *et al* 2012; LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011; GINEVIČIUS & ZUBRECOVAS, 2009; BALARINE, 2004)

Nos últimos anos, pesquisas têm sido desenvolvidas relacionadas à seleção de projetos de construção e seleção de investimento em *real estate*. (TAYLAN *et al*, 2014; EBRAHIMNEJAD *et al*, 2012; LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011; WONG *et al* 2010; GINEVIČIUS & ZUBRECOVAS, 2009; CHENG & LI, 2005; MOHAMED & MCCOWAN, 2001)

O presente trabalho contribui para o desenvolvimento de modelos que auxiliam o processo decisório das empresas do setor.

O objetivo geral da pesquisa é propor um modelo de decisão multicritério para auxiliar o processo decisório de empresas do setor de *real estate* para selecionar as melhores opções de investimento no desenvolvimento imobiliário residencial.

Os objetivos específicos são:

- Buscar na literatura critérios para análise de empreendimentos residenciais que devem ser considerados na tomada de decisão do investidor para selecionar os projetos em prospecção.
- Buscar na literatura, técnicas de decisão multicritério que são utilizadas para seleção de projetos de construção e seleção de investimentos em *real estate*. Em seguida, definir as técnicas para compor o modelo proposto.
- Descrever o procedimento de aplicação do modelo, utilizando a combinação das técnicas AHP e TOPSIS.
- Propor uma hierarquia de critérios em que os investimentos devem ser analisados.
- Demonstrar a aplicação do modelo através do estudo de caso em uma incorporadora.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo apresentados brevemente:

**Capítulo 1 – Introdução:** apresenta o tema da pesquisa, o problema em que está inserido, a justificativa do estudo e os objetivos.

**Capítulo 2 – Seleção de investimentos em *real estate* residencial:** fundamentação teórica que apresenta o processo decisório para seleção dos investimentos, as metodologias de análise de projetos imobiliários, principais modelos desenvolvidos e os critérios de seleção citados na literatura. O capítulo está dividido em: processo decisório, avaliação e seleção de investimentos em *real estate* residencial.

**Capítulo 3 – Técnicas de decisão multicritério:** neste capítulo é discutida a justificativa pela escolha da combinação das técnicas AHP e TOPSIS para compor o modelo proposto no trabalho. Em seguida é descrito o desenvolvimento das técnicas selecionadas.

**Capítulo 4 – Modelo proposto:** este capítulo apresenta o modelo desenvolvido para a seleção de investimento em *real estate* residencial. No capítulo é descrito o detalhamento das quatro etapas de aplicação do modelo.

**Capítulo 5 – Estudo de caso:** este capítulo apresenta o estudo de caso referente a aplicação do modelo proposto em uma incorporadora imobiliária. Foi utilizado para selecionar dentre quatro projetos de prospecção, quais serão selecionados para investimento. Segue a estrutura de apresentação do capítulo 4. Em seguida é apresentado o *feedback* da Empresa sobre a aplicação do modelo.

**Capítulo 6 – Conclusão:** neste capítulo é discutido as contribuições, limitações e possibilidades de trabalhos futuros.

## 2. SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

O termo *real estate* é utilizado para indicar o setor dos produtos e empreendimentos imobiliários. Os empreendimentos podem ser classificados como imobiliários ou de base imobiliária. No primeiro, o foco do empreendedor é produzir para vender, o exemplo mais recorrente é a concepção de conjuntos habitacionais e edifícios de apartamentos. No segundo o empreendedor implanta ou adquire um edifício para explorar auferindo renda do investimento. (LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011)

Investimentos em *real estate* residencial estão relacionados a construção e comercialização de unidades residenciais, podendo ser construções horizontais ou verticais. Na literatura são denominados como incorporações imobiliárias, *real estate* residencial ou *real estate development*.

Segundo a Constituição Federal Lei n. 4.591 de 16 de dezembro, incorporações imobiliárias são: “atividade exercida com o intuito de promover e realizar a construção, para alienação total ou parcial, de edificações ou conjunto de edificações compostas de unidades autônomas”.

Neste capítulo é introduzido o processo para tomada de decisão no âmbito de investimentos voltados ao *real estate* residencial. A fim de embasar o leitor com o conhecimento necessário para compreender os critérios e metodologias para avaliação e seleção dos empreendimentos.

A revisão foi baseada nos diversos meios de comunicação acadêmicos, sendo artigos publicados, livros, teses e dissertações. Na literatura brasileira, destaca-se o núcleo de *Real Estate* da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o qual é referência no estudo voltado ao desenvolvimento do mercado imobiliário.



## 2.1. PROCESSO DECISÓRIO NO SETOR IMOBILIÁRIO RESIDENCIAL

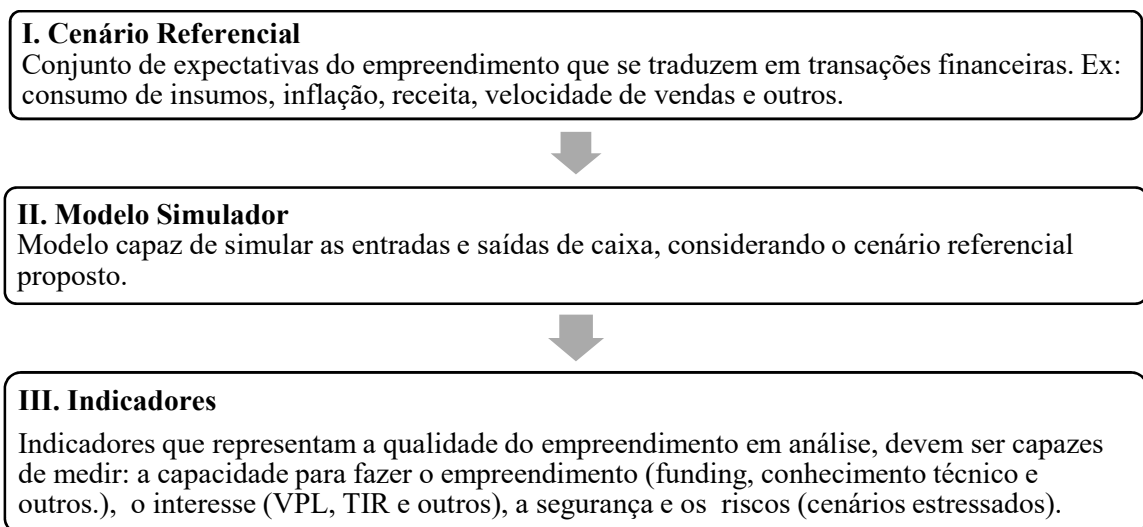
Mintzberg et al (1976) apresentam o processo decisório como o conjunto de atividades que são iniciadas pela identificação de um estímulo que termina com uma decisão.

No decorrer dos anos o processo foi desenvolvido devido a evolução do conhecimento e da capacidade humana, através de metodologias que buscam equilibrar a relação entre risco e retorno nas diversas áreas de conhecimento. (BUCHANAN & O'CONNEL, 2006)

O processo decisório é descrito por diversos autores em etapas similares, podendo ser sintetizados em identificação do problema, definição de critérios, levantamento de alternativas, análise e tomada de decisão.

Segundo Lima Jr, Monetti e Alencar (2011) empreender em *real estate* são decisões que necessitam de alto investimento, resultado a longo prazo, exposição a inflação e monitoramento complexo. Sendo assim, é importante que a decisão seja fundamentada através da definição do cenário referencial e de simulações do comportamento financeiro. Conforme o fluxograma da Figura 1.

Figura 1: Decisão em *real estate*.



Fonte: Adaptado de Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)

O autor também discute sobre o próximo passo a ser realizado pelos investidores, a **seleção dos empreendimentos**. Geralmente, as vontades do empreendedor se materializam por meio de um portfólio de empreendimentos, tendo em vista a diversificação de riscos. Portanto,

no âmbito empresarial, deve haver uma rotina de planejamento para escolher entre as alternativas disponíveis as melhores opções.

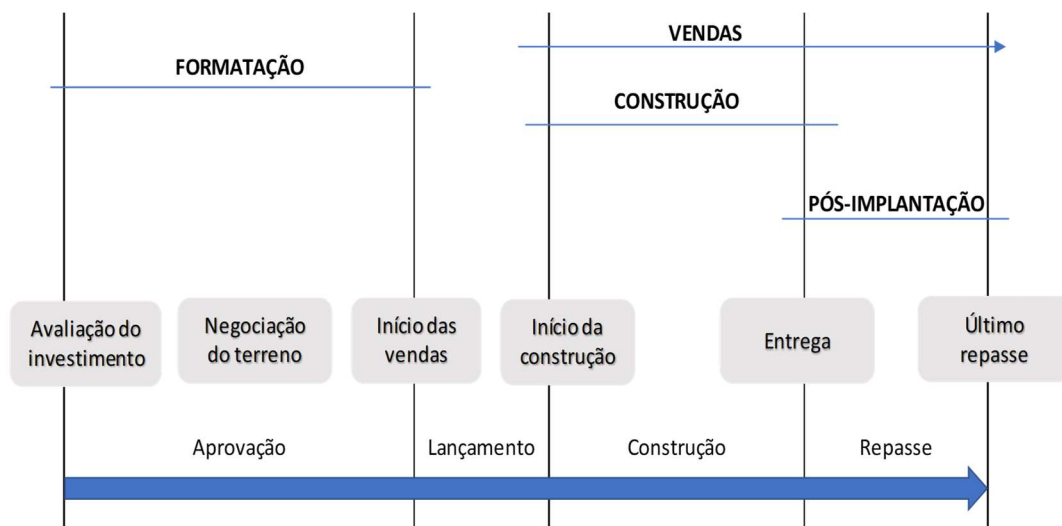
Na literatura, nota-se critérios para seleção de investimentos em *real estate* e critérios para seleção de projetos de construção. Para o desenvolvimento do modelo proposto, deve-se considerar a combinação das duas abordagens, por se tratar da construção de empreendimentos imobiliários.

A seguir são apresentadas metodologias para avaliação e seleção de investimento em *real estate* residencial, no qual são citados os critérios de seleção dos empreendimentos.

## 2.2. AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

Para entendimento das metodologias de avaliação, é necessário compreender o ciclo de um empreendimento imobiliário residencial, representado na Figura 2. Rocha Lima Jr. (2011) considera o ciclo em quatro fases: formatação, vendas, construção e pós-implantação.

Figura 2: Ciclo *real estate* residencial



Fonte: Adaptado de Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)

A fase de **formatação** consiste no planejamento do empreendimento, aquisição do terreno, elaboração e aprovação dos projetos nos órgãos competentes. Inicia-se com o processo para avaliar a atratividade técnico-financeira do investimento, definindo as premissas que deverão ser consideradas na negociação do terreno e comercialização. O término desta fase é o registro da incorporação e início das vendas.

A fase de **vendas** caracteriza-se pelo início das operações comerciais, sendo elas: divulgação e comercialização. De acordo com a Lei 4.591/1997 caso o empreendedor não atinja o volume mínimo de vendas, é permitido o distrato das unidades vendidas, recurso que garante ao investidor testar o mercado antes de iniciar a construção.

A fase de **construção** inicia-se após a comercialização da demanda mínima de unidades residenciais, viabilizando financeiramente a construção do empreendimento. Nesta fase é importante que os projetos estejam compatibilizados e a equipe preparada para execução, é a fase de maior exposição ao risco financeiro. De acordo com Almeida (2016) a maioria dos empreendimentos residenciais são financiados por instituição financeiras que fornecem os recursos para a construção do empreendimento. Basicamente a instituição financeira aporta recursos para o empreendedor em troca dos recebíveis dos mutuários.

A fase de **pós-implantação** caracteriza-se pela transferência total dos recebíveis dos clientes para a instituição financeira, no qual quita o financiamento com o empreendedor. Este procedimento é reconhecido como repasse.

Portanto a avaliação dos empreendimentos deve considerar modelos que simule todas as variáveis do ciclo citado acima.

Nota-se seis tipos de análise que devem ser consideradas para avaliação de projetos de empreendimentos *real estate* residencial. Sendo elas descritas na Quadro 1 abaixo:

Quadro 1: tipos de análise de projetos *real estate* residencial.

Análise	Autores
Negociação	Almeida (2016); Camargo (2011); Garbi (2011); Lima Jr, Monetti e Alencar (2011); Urbanavičiene (2010); Ginevičius & Zubrecovas (2009); Chan et al (2004); Cheng & Li (2004)
Jurídica	Ginevičius & Zubrecovas (2009); Cheng & Li (2004)
Técnica	Chan et al (2004); Cheng & Li (2004)
<i>Funding</i>	Gennari (2015); Uqbar (2017); ); Lima Jr, Monetti e Alencar (2011); Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financeira	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011); Balarine (2004); Ginevičius & Zubrecovas (2009); Yoshimura (2007); Rocha et al (2007); Cheng & Li (2005); Mohamed & Mccowan (2001).
Risco	Almeida (2016); Taylan et al (2014); Zavadskas (2013); Loizou & French (2012)

Fonte: Autor.

### 2.2.1. Negociação

Análise das premissas definidas na negociação do empreendimento, são parâmetros relacionados ao cenário econômico, comercialização e atratividade do produto. (URBANAVIČIENE, 2008)

O primeiro passo é avaliar o cenário econômico atual, validando as perspectivas do mercado imobiliário quanto a disponibilidade de crédito, taxa de juros e inflação. (LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011)

A principal motivação para investimento em *real estate* residencial é a demanda habitacional no local do empreendimento. Portanto é necessário realizar o estudo de inteligência de mercado para levantar qual a procura e oferta na região do projeto em análise. A combinação entre a demanda habitacional e concorrência é determinante para a comercialização do empreendimento. (CAMARGO, 2011)

Outros critérios que influenciam na comercialização estão relacionados a atratividade do terreno em que será implantado o empreendimento, sendo critérios de infraestrutura como o transporte público, comunicação, visibilidade, estacionamento, distância dos centros comerciais, segurança, paisagismo e vizinhança. (ALMEIDA, 2016; CAMARGO, 2011; GARBI, 2011; LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011; GINEVIČIUS & ZUBRECOVAS, 2009)

No entanto, a aprovação do público alvo vai depender da combinação entre a atratividade do terreno com a arquitetura proposta para o empreendimento. (GARBI, 2011)

Empreendimentos relacionados a construção civil gera impactos significativos ao meio ambiente, portanto é importante que o projeto contemple soluções de sustentabilidade, baixa geração de resíduos e aprovação do órgão ambiental competente. (CHAN et al, 2004, CHENG & LI, 2004)

### 2.2.2. Jurídica

A análise jurídica consiste na validação do projeto em relação as regulamentações governamentais, validação dos termos de contratos entre as partes envolvidas e apontamento dos riscos legais que o projeto está submetido. (GINEVIČIUS & ZUBRECOVAS, 2009, CHENG & LI, 2004)

### 2.2.3. Análise técnico-econômica do produto

Consiste na compatibilização dos projetos e memoriais em relação aos parâmetros comerciais esperados e ao cumprimento das normas técnicas. (CHAN et al, 2004)

Além da análise dos projetos, é necessário avaliar a expertise da equipe técnica que irá executar o projeto e a disponibilidade da tecnologia necessária para execução. (CHAN et al, 2004, CHENG & LI, 2004)

### 2.2.4. *Funding*

Consiste na caracterização das fontes de recursos financeiros necessários para o desenvolvimento do empreendimento.

A escolha da formatação de *funding* para investimentos em *real estate* é um dos critérios mais importantes para a qualidade do investimento, principalmente em empreendimentos residenciais. (GENNARI, 2015)

As principais fontes de recursos são: financiamentos bancários, o uso de capital próprio, fundos de investimento em participações, fundos de investimentos imobiliários (FII), debêntures e securitização de recebíveis imobiliários.

A forma mais utilizada pelos empreendedores (*players*) é o financiamento à produção junto aos bancos. Gennari (2015, p.19) descreve o processo de financiamento da seguinte forma:

Um contrato entre o empreendedor e o banco é firmado, onde são estabelecidas metas de evolução de obra e vendas, e a liberação dos recursos ocorre conforme essas metas são atingidas. Essa forma de financiamento é quitada ao término da obra, onde a unidade residencial é entregue ao cliente e este quita a unidade através da contratação de um financiamento junto a um banco. É nesse momento que ocorre o repasse bancário e o pagamento da parcela de chaves, que corresponde ao montante mais expressivo do valor de venda da unidade. Usualmente o banco que oferece o financiamento à produção é o mesmo banco que irá financiar o cliente final, portanto o banco retém os recursos para quitação do financiamento à construção e a liberação da parcela que cabe a empreendedor ocorre somente após essa quitação.

No Brasil, o crédito imobiliário é composto pelo Sistema Financeiro da Habitação (SFH), Sistema de Financiamento Imobiliário (SFI) e Sistema de Consórcios. A Figura 3

descreve quais são os recursos que fomentam cada sistema e as leis que regem os financiamentos.

Figura 3: Crédito imobiliário no Brasil



Fonte: Autor.

A principal fonte de recursos utilizada no Brasil são as do SFH, no qual o objetivo é financiar imóveis para diminuição do déficit habitacional. (UQBAR, 2017)

Os principais critérios para analisar o *funding* é verificar a disponibilidade de crédito, prazo de recebimento, necessidade de recursos próprios, taxa de juros e procedimento para aprovação. (UQBAR, 2017; LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011; GINEVIČIUS & ZUBRECOVAS, 2009)

#### 2.2.5. Análise financeira

Inicia-se com a definição do cenário referencial para elaboração do fluxo de caixa esperado. O fluxo confronta as transações de custeio da operação (terreno, projetos, obra, registros, comercialização, marketing, etc) com a expectativa de receita. Portanto a resposta depende da identificação completa do cenário referencial, no qual é obtida através das análises citadas anteriormente. (LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011)

Lima Jr, Monetti e Alencar (2011) propõe os parâmetros que devem ser consideradas para elaboração do fluxo de caixa de investimento em *real estate*, representada na Quadro 2.

Quadro 2: Parâmetros a ser considerada para definição do cenário referencial

<b>I. Características do projeto</b>	
1	Terreno
	Área privativa por unidade
2	Unidades residenciais
	Área equivalente de construção
	Área total do edifício
<b>II. Prazos e datas marco do empreendimento</b>	
3	Ciclo de estruturação: projeto, planejamento e estruturação legal
4	Ciclo de vendas
7	Construção
8	Financiamento da produção
9	Repasse e quitação do financiamento a produção
<b>III. Orçamento dos custos de implantação do empreendimento</b>	
10	Custo do terreno – entrada / parcelas
11	Contas conexas com aquisição do terreno
12	Contas relacionadas a estruturação do empreendimento (registro, etc)
13	Projetos e planejamento
14	Custos diretos da construção
15	Custo de administração da construção
16	Custo de administração do empreendimento
17	Gerenciamento do empreendimento
<b>IV. Preço de venda e forma de pagamento</b>	
19	Preço de venda de referência (R\$/m <sup>2</sup> de área privativa de cada unidade)
20	Preço médio de vendas das unidades
21	Forma de pagamento: sinal e entrada.
22	Forma de pagamento: durante a execução.
23	Forma de pagamento: financiamento bancário
<b>V. Despesas de comercialização</b>	
24	Propaganda e marketing
25	Corretagem
25	Encargos sobre a receita
26	Impostos aplicados sobre a receita
27	Custos administrativos para obtenção do financiamento de aquisição
<b>VI. Indicadores da economia</b>	
28	Inflação setorial pelo INCC
29	Inflação na economia pelo IGP-M
30	CDI referencial (taxa básica de juros para benchmark)
31	Custo de oportunidade
<b>VII. Financiamento da produção</b>	
32	Montante a ser financiado
33	Início das liberações
34	Juros e custos do financiamento

Fonte: Adaptado de Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)

A exigência para validação de um investimento é a geração de retorno econômico que compense o risco e o custo de capital. Diversos autores propõem metodologias para avaliação de projetos imobiliários através de indicadores econômicos consolidados.

Os métodos tradicionais consideram o fluxo de caixa calculado com as premissas de um cenário referencial definido. Nos últimos anos, as publicações têm voltado para métodos que consideram a incerteza no cenário referencial, com o objetivo de aumentar a assertividade dos indicadores.

O quadro 3 apresenta as metodologias citadas acima e também os indicadores econômicos citados na literatura.

Quadro 3: Análise financeira de projetos voltados a construção de *real estate* residencial

<b>Metodologia</b>	<b>Autores</b>
Cenário referencial definido	Balarine (2004)
Análise de sensibilidade	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)
Simulação Monte Carlo	Balarine (2004), Loizou & French (2012), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Fluxo de caixa descontado	Balarine (2004)
Teoria das opções	Balarine (2004), Yoshimura (2007), Rocha et al (2007)
Lógica <i>Fuzzy</i>	Giudice et al (2017)
<b>Indicadores Econômicos</b>	<b>Autores</b>
Margem <sup>1</sup>	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Balarine (2004), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Cheng & Li (2005)
Retorno	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Cheng & Li (2005)
Período de <i>payback</i> simples	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Balarine (2004), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Mohamed & McCowan (2001)
Valor presente líquido (VPL)	Balarine (2004), Rocha et al (2007), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Mohamed & McCowan (2001)
Taxa interna múltiplo do CDI <sup>2</sup>	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)
Taxa interna acima da inflação	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)
Taxa interna de retorno (TIR)	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Balarine (2004), Giudice et al (2017), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Mohamed & McCowan (2001)
Taxa interna de retorno modificada (MTIR)	Balarine (2004), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Valor de liquidação	Ginevičius & Zubrecovas (2009)

Fonte: Autor

<sup>1</sup> Margem: indicador que pode relacionar o retorno com a receita ou custo.



### 2.2.6. Análise de risco

O conceito de risco é definido pelo PMBOK (2013) como um evento ou uma condição incerta que, se ocorrer, tem um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um dos objetivos do projeto, tais como escopo, cronograma, custo e qualidade ou segurança.

O gerenciamento de risco está relacionado ao processo de identificação, análise e resposta aos riscos dos projetos. O objetivo é maximizar os eventos positivos e minimizar eventos negativos. (PMBOK, 2008)

Sem o conhecimento da dimensão do risco de um investimento, os investidores não conseguem determinar o nível esperado de retorno que compense o risco. Portanto é importante que seja avaliado os riscos que os projetos estão submetidos para que o investidor tome a decisão.

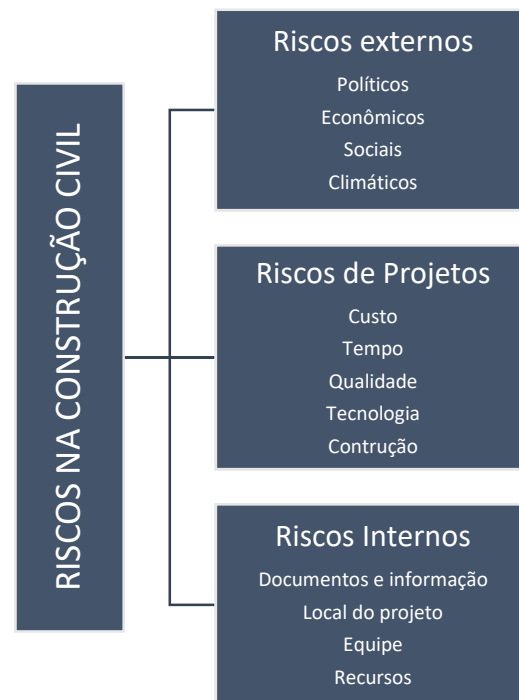
Nos últimos anos, diversos autores propõem metodologias para gerenciar os riscos nos projetos de construção civil e *real estate*.

Almeida (2016) propõe uma matriz de gerenciamento de riscos no investimento em *real estate* residencial no qual identifica, analisa e propõe medidas para redução dos riscos.

Taylan et al (2014) identificou os riscos em projetos de construção, no qual devem seguir ser identificados pelos critérios: tempo, custo, segurança, qualidade e sustentabilidade. Propôs metodologia para prioriza-los combinando as técnicas *fuzzy* AHP e *fuzzy* TOPSIS.

Zavadskas (2013) também identificou riscos para projetos de construção, descritos na Figura 4, e propõe a combinação das técnicas TOPSIS *grey* e COPRAS-G para priorizar os riscos.

Figura 4: Riscos na construção civil



Fonte: Zavadskas (2013).

Outra ferramenta para gerenciamento dos riscos é a utilização de parâmetros estocásticos ao invés de discretos para elaborar o fluxo de caixa esperado do empreendimento. O método Simulação de Monte Carlo é recomendado por diversos autores. (Loizou & French 2012; Ginevičius & Zubrecovas 2009; Mohamed & McCowan,2001).

No entanto, Loizou & French (2012) avaliaram a eficiência da simulação de Monte Carlo como ferramenta de decisão para investimentos em *real estate*. Concluíram que devido a simulação ser uma variação de um modelo matemático, mesmo dentro de um contexto probabilístico, não são consideradas as interações humanas que interferem nos parâmetros de entrada do fluxo de caixa. A maioria dos parâmetros estão sujeitos a interferência humana, por exemplo: velocidade de vendas, competência da equipe e outros. Não seguem uma curva probabilística que pode ser considerada na simulação. Portanto, para ser totalmente eficaz, o modelo precisa ser usado de forma complementar com uma compreensão do julgamento humano e da tomada de decisões.

### 2.3. SELEÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REAL ESTATE RESIDENCIAL

Nos últimos anos, foram desenvolvidos diversos estudos relacionados a modelos de decisão para diversas áreas do conhecimento. São descritos através da aplicação de técnicas para avaliar as alternativas de acordo com os critérios importantes para o tomador de decisão.

No âmbito da pesquisa, nota-se na literatura modelos para selecionar investimentos em *real estate* e modelos para selecionar projetos de construção. Nesta subseção, serão descritos os principais modelos desenvolvidos e as técnicas utilizadas.

Os modelos seguem o padrão: hierarquização dos critérios, ponderação dos critérios, avaliação das alternativas e tomada de decisão. A Quadro 4 abaixo descreve as técnicas utilizadas.

Quadro 4: Pesquisas relacionadas a seleção de projetos de construção e *real estate*.

Pesquisa	Descrição
Taylan et al (2014)	Modelo para selecionar os projetos em relação ao nível de risco calculado, os critérios considerados foram o risco em relação a tempo, custo, qualidade, segurança e sustentabilidade. Uso das técnicas Fuzzy AHP para ponderação e Fuzzy TOPSIS para classificação.
Ebrahimnejad et al (2012)	Modelo para selecionar projetos de construção. Utiliza a técnica Fuzzy ANP para ponderação dos critérios e a técnica VIKOR para classificação dos projetos. Compara os resultados com o modelo proposto por Cheng & Li (2005)
Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)	Livro sobre fundamentos de análise de investimento em <i>real estate</i> , o principal autor é referência na literatura brasileira. Os autores não definem uma técnica multicritério específica para a seleção do investimento, apresentam que cabe ao investidor a tomada de decisão baseados na comparação dos indicadores citados no livro e gerenciamento de riscos.
Wong et al (2010)	Modelo para selecionar projetos que incorpora análise <i>fuzzy</i> na avaliação dos critérios.
Ginevičius & Zubrecovas (2009)	Modelo para seleção de investimento em projetos <i>real estate</i> . Os autores propõem uma hierarquia de critérios, utiliza a simulação de Monte Carlo para análise dos projetos e recomenda a utilização da técnica de decisão multicritério ELECTRE III para priorizar os projetos.
Cheng & Li (2005)	Modelo para selecionar projetos de construção. Os autores propõem: hierarquia de critérios, uso da técnica ANP para ponderação dos critérios e classificação dos projetos através do somatório ponderado da avaliação de cada critério em escala de 0 a 10.

Mohamed & McCowan  
(2001)

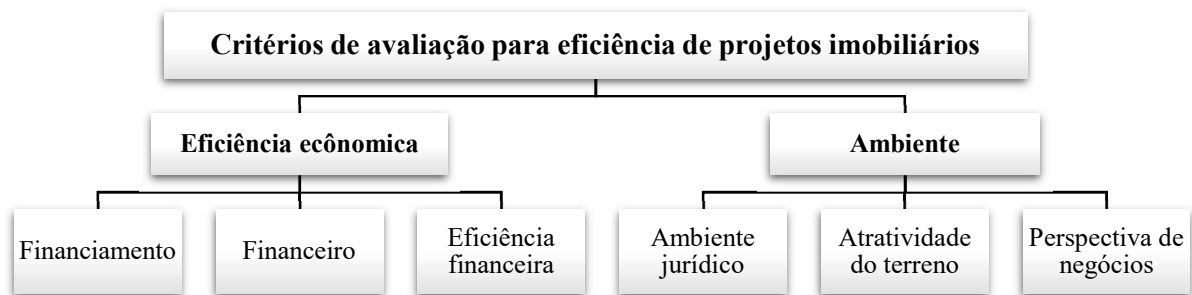
Os autores propõem um método que modela os indicadores financeiros e não financeiros de um projeto com o uso da matemática intervalar e teoria de possibilidade para pontuar os projetos e classifica-los.

Fonte: Autor

Dentre os modelos, destaca-se a hierarquização dos critérios propostos por Ginevičius & Zubrecovas (2009) e Cheng & Li (2005), o primeiro para seleção de investimento em *real estate* e o segundo para projetos de construção.

Ginevičius & Zubrecovas (2009) hierarquizaram os critérios para seleção de investimento em *real estate* nas categorias descritas na Figura 5, sendo: financiamento, financeiro, eficiência financeira, ambiente jurídico, atratividade do terreno, perspectiva de negócios.

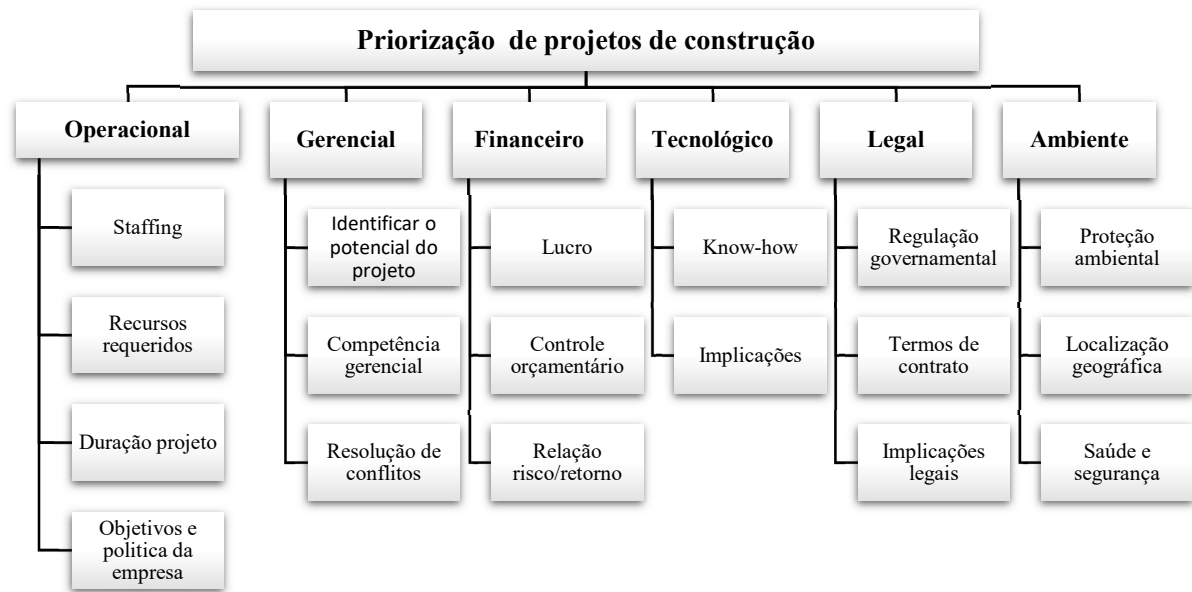
Figura 5: Seleção de investimentos em projetos imobiliários



Fonte: Ginevičius & Zubrecovas (2009).

Cheng & Li (2005) desenvolveram um modelo no qual a hierarquia de critérios é citada pelos autores, como Ebrahimnejad et al (2012), Taylan et al (2014). O modelo propôs a divisão dos critérios em cinco categorias, sendo elas: operacional, gerencial, financeiro, tecnológico, jurídico e ambiente de projeto. A Figura 6 apresenta a hierarquia desenvolvida pelo autor.

Figura 6: Seleção de projetos de construção.



Fonte: CHENG & LI (2005)

Nota-se nas hierarquias da Figura 5 e Figura 6 que os critérios são agrupados em categorias, que representam as diferentes abordagens que os projetos devem ser analisados.

A Quadro 5 apresenta os principais critérios citados na literatura para seleção de investimentos em *real estate*, agrupados de acordo com as análises citados na seção 2.2.

Quadro 5: Critérios para seleção projetos de construção *real estate* residencial

<b>Categoria</b>	<b>Critérios</b>	<b>Autores</b>
Técnico	Competência da equipe ( <i>staff</i> )	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Disponibilidade de insumos	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Duração do projeto	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Objetivo e política da empresa	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Identificação o potencial do projeto	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Competência gerencial	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Resolução de conflito	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Técnico	Know-how técnico	Chan et al (2004), Cheng & Li,(2004)
Financeiro	Margem	Cheng & Li (2005), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Balarine (2004)

Financeiro	Controle orçamentário	Cheng & Li (2005)
Financeiro	Resultado líquido	Cheng & Li (2005), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Balarine (2004)
Financeiro	Valor de liquidação	Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financeiro	Taxa interna múltiplo do CDI	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)
Financeiro	Taxa interna acima da inflação	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011)
Financeiro	Taxa interna de retorno (TIR)	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Mohamed & McCowan (2001)
Financeiro	Valor presente líquido (VPL)	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Mohamed & McCowan (2001)
Financeiro	Capital de giro	Rocha Lima Jr (2011)
Financeiro	<i>Payback</i>	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Mohamed & McCowan (2001)
Financiamento	Fonte de recursos	Uqbar (2017), Gennari (2015), Rocha Lima Jr (2011)
Financiamento	Prazo de pagamento.	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financiamento	Disponibilidade de crédito	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financiamento	Taxa de juros	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financiamento	Taxa de participação do investidor	Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Financiamento	Necessidade de recursos próprios	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Jurídico	Criminologia	Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Jurídico	Regulamentos governamentais	Cheng & Li (2005)
Jurídico	Termos de contratos	Cheng & Li (2005)
Negociação	Demanda habitacional	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Almeida (2016), Camargo (2011)
Negociação	Concorrência	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Almeida (2016), Camargo (2011)
Negociação	Transporte público	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Almeida, 2016; Camargo,2011
Negociação	Visibilidade	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Almeida, 2016; Camargo,2011
Negociação	Infraestrutura de comunicação	Ginevičius & Zubrecovas (2009), Almeida, 2016; Camargo,2011
Negociação	Mudanças ambientais esperadas no futuro	Ginevičius & Zubrecovas (2009)

Negociação	Inflação	Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Negociação	Nível de desemprego	Ginevičius & Zubrecovas (2009)
Negociação	Aprovação do público alvo	Cheng & Li (2005), Chan et al (2004), Garbi (2011)
Negociação	Proteção ambiental	Cheng & Li (2005), Chan et al (2004)
Negociação	Localização	Cheng & Li (2005), Garbi (2011)
Negociação	Saúde e segurança	Cheng & Li (2005), Chan et al (2004)

---

Fonte: Autor

### 3. MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Os métodos que consideram mais de um critério para solução de um problema decisório são definidos como métodos de decisão multicritério (MCDM). Diversos modelos foram desenvolvidos nos últimos anos, em que geralmente consistem na combinação de técnicas para ponderação dos critérios e classificação das alternativas.

No âmbito da pesquisa, nos modelos citados na seção 2.3, nota-se a recorrência do uso das técnicas AHP para ponderação dos critérios e TOPSIS para classificação das alternativas.

- Ponderação dos critérios: AHP, ANP e *fuzzy* AHP.
- Classificação das alternativas: TOPSIS, *fuzzy* TOPSIS, ELECTRE e VIKOR.

No modelo desenvolvido por Ginevičius & Zubrecovas (2009), os autores propõem o uso de parâmetros estocásticos ao invés de discretos, utilizando a simulação de Monte Carlo para avaliação dos critérios. A técnica multicritério escolhida para a seleção dos investimentos foi a ELECTRE III, porque considera valores com limites de oscilação característico da simulação de Monte Carlo.

Segundo Loizou & French (2012), muitos parâmetros no contexto de *real estate* não seguem uma variação probabilística que pode ser considerada em simulações de Monte Carlo. O modelo desenvolvido na pesquisa considera que a análise dos projetos siga as orientações dos autores Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), no qual recomenda que seja definido um cenário referencial para avaliação dos projetos e obtenção do resultado correspondente ao cenário considerado.



### 3.1. ANALITIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

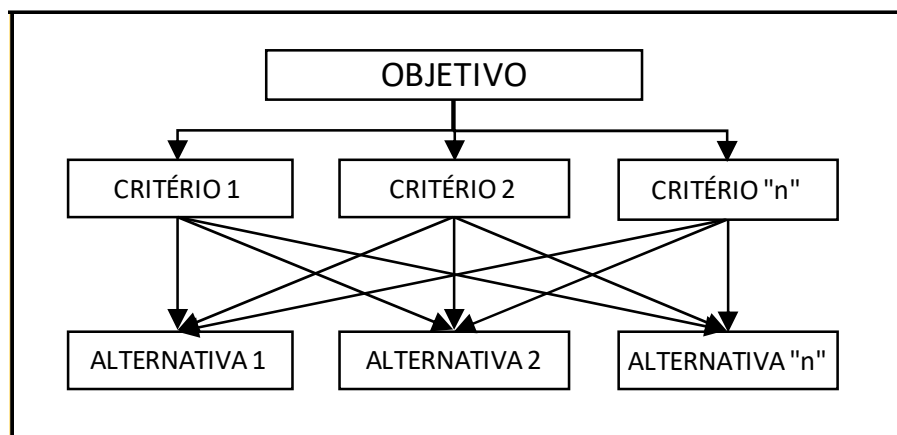
O método Analitic Hierarchy Process foi desenvolvido por Saaty para resolver problemas de decisão multicritério por meio de comparações pareadas de um conjunto de critérios e alternativas retornando as preferências do especialista. Tem sido aplicada em diversas pesquisas voltadas ao gerenciamento de operações. (Subramanian & Ramanathan, 2012).

Zahedi (1986) descreve a aplicação do AHP em quatro etapas:

- Etapa I: Estruturação do problema.
- Etapa II: Construção da matriz de julgamento.
- Etapa III: Cálculo do peso dos critérios e validação dos julgamentos.
- Etapa IV: Agregação dos pesos pra os diferentes níveis da hierarquia.

A primeira etapa consiste em na construção de um modelo hierárquico com diferentes níveis capaz de explicar o problema decisório em questão. O modelo simples de AHP consiste em três níveis, ilustrado na Figura 7, o primeiro nível corresponde ao objetivo do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas.

Figura 7: Modelo simples de estrutura hierárquica para aplicação do AHP.



Fonte: (Saaty, 1988)

A segunda etapa consiste na formação das matrizes de julgamento, é composta pela comparação dos elementos em relação ao nível superior. Os autores Santos et al (2017) descrevem o procedimento de maneira objetiva através da representação das Equação (1), se o problema apresenta  $n$  critérios de avaliação, o próximo passo é representar a avaliação do especialista para a comparação pareada de cada critério. Utiliza-se a escala de avaliação descrita por Saaty (1990), descrita na Tabela 1, para representar a relação de importância de um critério

comparado a outro do mesmo nível. Exemplo: se o critério  $i$  é de extrema relevância em relação ao critério  $j$ , portanto  $a_{ij} = 9$  e  $a_{ji} = 1/9$ .

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & a_{3n} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tabela 1: Escala numérica para julgamento da técnica AHP

Importância	Definição	Abordagem
1	Igualmente importante.	Contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada.	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério sobre o outro.
5	Importância essencial.	A experiência e opinião favorecem fortemente um critério sobre o outro.
7	Importância muito relevante.	Um critério é favorecido muito fortemente e seu domínio é demonstrado na prática.
9	Extrema importância.	A evidência favorece um critério sobre o outro com alto nível de certeza.
2, 4, 6 ou 8.	Valores intermediários.	São utilizados quando necessário.

Fonte: Saaty (1990)

A terceira etapa consiste na síntese da matriz de comparação para retornar a importância relativa de cada critério. Existem diversos métodos de cálculo, este artigo utiliza o método pela média geométrica descrito por Crawford (1987). A equação (2) é utilizada para calcular o peso relativo de cada critério.

$$Wi = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{\frac{1}{n}} / \sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{kj})^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Em seguida, é necessário calcular o Coeficiente de Consistência ( $CR$ ), esse procedimento é uma característica importante da AHP para garantir que as comparações sejam feitas de forma coerentes, por conseguinte validando o resultado da aplicação do método.

O procedimento para o cálculo do  $CR$  se dá pelo cálculo dos autovalores dos critérios  $\vartheta_i$  e o autovalor principal  $\lambda_{max}$  descritos nas Equações 3 e 4, em seguida é calculado o índice

de consistência  $CI$  (Equação 5) e finalmente é calculado o  $CR$  (Equação 6). Na Equação 6 considera-se um índice aleatório  $RI_n$ , que varia de acordo com o número de critérios, o índice foi proposto por Saaty e é descrito na Tabela 2. A matriz de julgamentos é considerada consistente se  $CR < 0,1$ .

$$\vartheta_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j a_{ij}}{w_i} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \vartheta_i}{n} \quad (4)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI_n} \quad (6)$$

Tabela 2: Índice aleatório para n de 1 a 10.

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$RI_n$	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Saaty (1990)

A Etapa 4 consiste na agregação final de cada elemento considerando o peso do elemento em nível superior na hierarquia de critérios. Por exemplo, na hierarquia representada na Figura 1, o peso final da Alternativa 1 ( $A_1$ ) se dá pelo somatório da multiplicação entre o peso calculado em relação a cada critério e o peso de cada critério em relação ao objetivo, conforme descrito na Equação 7.

$$A1 = \sum_n (\text{Peso Alternativa 1 em relação ao Critério } n) \times (\text{Peso do Critério } n) \quad (7)$$

### 3.2. TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILIARITY TO IDEAL SOLUTIN (TOPSIS)

Proposto por Hwang e Yoon (1981), o TOPSIS é uma técnica para avaliar o desempenho de alternativas através da similaridade com a solução ideal, busca a solução que tenha a maior distância da solução ideal negativa (SIN) e a menor distância da solução ideal positiva (SIP).

A técnica fornece uma classificação das alternativas e não exige que as preferências de atributos sejam independentes. Para aplicação da técnica, os valores dos atributos devem ser numéricos, aumentar ou diminuir singularmente e ter unidades comensuráveis. (HWANG & YOON, 1981)

Behzadian et. al (2012) descreve o procedimento de aplicação do TOPSIS em quatro etapas:

- Etapa I: Construção da matriz de decisão normalizada
- Etapa II: Ponderar a matriz de decisão.
- Etapa III: Soluções ideais positiva e negativa.
- Etapa IV: Medida de separação para cada alternativa em relação as soluções ideais.
- Etapa V: Calcular a medida de separação para cada alternativa.

O primeiro passo é formar a matriz de decisão (Eq. 8) com a avaliação das alternativas e em seguida normalizar os dados (Eq. 9)

$$r_{ij} = \begin{array}{ccccc} & \textit{Critério 1} & \textit{Critério 2} & \textit{Critério 3} & \textit{Critério n} \\ \textit{Projeto 1} & a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & a_{1,n} \\ \textit{Projeto 2} & a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & a_{2,n} \\ \textit{Projeto 3} & a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & a_{3,n} \\ \textit{Projeto m} & a_{m,1} & a_{m,2} & a_{m,3} & a_{m,n} \end{array} \quad (8)$$

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum x_{ij}^2} \text{ para } i=1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (9)$$

no qual  $x_{ij}$  são as avaliações originais e  $r_{ij}$  são as avaliações normalizadas da matriz de decisão, respectivamente.

O segundo passo é propor o vetor para ponderação de cada critério e aplicar na matriz de decisão.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, \text{ onde } w_j \text{ é o peso para cada } j \text{ critério.} \quad (10)$$

O terceiro passo é a determinação das soluções ideais, para a SIP escolher a alternativa que esteja mais próxima da solução ideal e para SIN a que esteja mais distante da solução ideal, repetir o procedimento para cada critério.

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\}, \text{ solução ideal positiva.}$$

$$\text{No qual } v_j^* = \{\max(v_{ij}) \text{ se } j \in J; \min(v_{ij}) \text{ se } j \in J'\} \quad (11)$$

$$A' = \{v_1', \dots, v_n'\}, \text{ solução ideal negativa.}$$

$$\text{No qual } v_j' = \{\max(v_{ij}) \text{ se } j \in J; \min(v_{ij}) \text{ se } j \in J'\} \quad (12)$$

O quarto passo é o cálculo das medidas de separação de cada alternativa em relação as soluções ideais positiva e negativa.

$$S_i^* = [\sum (v_j^* - v_{ij})^2]^{\frac{1}{2}} \quad i = 1, \dots, m \quad \text{SIP} \quad (13)$$

$$S_i' = [\sum (v_j' - v_{ij})^2]^{\frac{1}{2}} \quad i = 1, \dots, m \quad \text{SIN} \quad (14)$$

O quinto passo é o cálculo do coeficiente de proximidade, através da equação descrita na equação 14.

$$C_i^* = S_i' / (S_i^* + S_i'), \quad 0 < C_i^* < 1 \quad (15)$$

Deve-se selecionar a alternativa que mais se aproxima a  $C_i^* = 1$ . O resultado do método é a classificação das alternativas em ordem decrescente.

#### 4. MODELO PROPOSTO

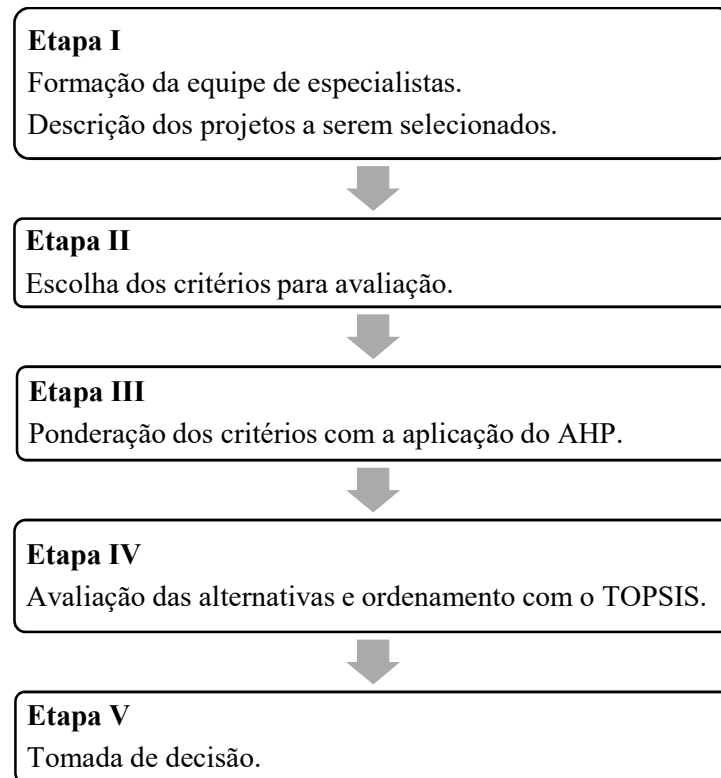
Para o desenvolvimento do modelo foi selecionado a combinação das técnicas AHP e TOPSIS. A primeira utilizada para a ponderação dos critérios e a segunda para selecionar a melhor alternativa com base nas avaliações dos projetos em relação a cada critério.

A justificativa para a escolha do TOPSIS foi devido a técnica não necessitar de valores com limites de oscilação, restrições para critérios quantitativos e qualitativos. Outro argumento é que a técnica apresenta menor complexidade do que a técnica ELECTRE III utilizada pelos autores Ginevičius & Zubrecovas (2009).

A escolha do AHP para ponderação dos critérios foi devido à técnica já ter sido utilizada em diversos modelos de decisão, possibilitar a verificação da consistência dos julgamentos dos tomadores de decisão e apresenta menor complexidade do que o ANP

O modelo proposto é dividido em cinco etapas, conforme descrito na Figura 8. A primeira consiste na definição da equipe de especialistas e a descrição dos projetos. A segunda é a escolha dos critérios. A terceira é a ponderação dos critérios com o uso da técnica AHP. A quarta consiste na avaliação das alternativas e aplicação da técnica TOPSIS para a classificação dos projetos. A última etapa é a tomada de decisão. Na seção 5 é apresentado um estudo de caso com a aplicação do modelo em uma empresa de incorporações imobiliárias.

Figura 8: Etapas do modelo proposto



Fonte: Autor

A **primeira etapa** é a definição da equipe de especialistas, cabe ao investidor definir quem deve avaliar, de acordo com o autor Lima Jr, Monetti e Alencar (2011) uma equipe de análise de investimentos em *real estate* deve ser composta por um conjunto de profissionais com conhecimento técnico e tácito sobre mercado imobiliário e engenharia.

Em seguida, descrever os projetos a serem analisados. A descrição deve conter informações importantes que representam as principais características dos empreendimentos.

A **segunda etapa** é escolher na Tabela 6 os critérios que deverão ser analisados e desenvolver a hierarquia de análise.

A pesquisa propõe a divisão dos critérios em cinco categorias, em acordo com as análises propostas para avaliação dos critérios, conforme descrito no capítulo 2, sendo elas: negociação, financiamento, técnico, financeiro e jurídico. Representados na Figura 9.

Recomenda-se a escolha de no máximo cinco critérios para melhor desempenho da aplicação da técnica AHP.

Figura 9: Hierarquia para análise de investimentos imobiliários residenciais



Fonte: Autor.

A **terceira etapa** é obter a ponderação de cada critério de acordo com a expertise dos especialistas. O modelo optou por utilizar a aplicação da técnica AHP, descrita na seção 3.1. No entanto, caso seja escolhido apenas dois critérios para determinada categoria, utilizar a ponderação direta do especialista.

A hierarquia de análise proposta, Figura 9, é representada em dois níveis: categorias e critérios. Deve-se aplicar a técnica para obtenção dos pesos locais  $w_l$  e os pesos de cada categoria  $w_c$ , sendo  $w_l$  o peso dos critérios em relação a sua respectiva categoria. Portanto, elaborar as matrizes comparando os critérios  $A_l$  e uma matriz comparando as categorias  $A_c$ . Seguindo o roteiro descrito na Equação 1 e Tabela 1.

O próximo passo é calcular os pesos relativos de cada matriz de comparação através da Equação 2 e verificar a consistência de ambas as matrizes seguindo as Equações 3, 4, 5 e 6 para calcular o Coeficiente de Consistência (CR). Caso as matrizes estiverem consistentes, ou seja, os julgamentos dos especialistas são coerentes, considera-se os pesos calculados para as próximas etapas. Tendo como resultado os pesos locais dos critérios  $w_l$  e o peso das categorias  $w_c$ .

A ponderação final de cada critério  $w_f$  é calculada pela multiplicação dos pesos locais com o peso de cada categoria, conforme a Equação 15 abaixo.

$$w_f = w_l \times w_c \quad (16)$$



O **quarto passo** consiste no levantamento das alternativas e aplicação do TOPSIS para classifica-las. No problema proposto, as alternativas são os dados dos projetos em prospecção que representam as opções a serem selecionadas.

O procedimento inicia-se com o levantamento das avaliações dos projetos em relação a cada critério escolhido no segundo passo. Recomenda-se as análises descritas na seção 2.2 para avaliação dos critérios, considerando cenário referencial conservador para simulação do comportamento dos investimentos.

Após o levantamento, utilizar a técnica TOPSIS descrita na seção 3.2. Construir a matrizes de decisões  $r_{i,j}$  com os dados dos projetos  $a_{i,j}$ , conforma a Equação 8, seja  $i$  os projetos em análise e  $j$  os critérios de cada categoria. Em seguida normalizar as matrizes (Equação 9), pondera-las utilizando o peso dos critérios  $w_f$  (Equação 10), determinar as soluções ideais positivas e negativas (Equações 11 e 12), calcular as distâncias das alternativas de cada projeto em relação a SIP e SIN (Equação 13 e 14) e calcular a pontuação de cada projeto  $C_m$  através do cálculo do coeficiente de proximidade (Equação 15).

Para a classificação basta ordenar a pontuação de cada projeto em ordem decrescente.

O **quinto passo** é o procedimento de tomada de decisão do investidor para selecionar os projetos em prospecção.

O modelo propõe que para a decisão final, é necessário verificar se existe algum critério eliminatório. Recomenda-se que, no momento da decisão, seja feita a análise de risco do projeto para identificar critérios eliminatórios para selecionar as melhores opções do portfólio.

## 5. ESTUDO DE CASO

### 5.1. APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Esta seção visa caracterizar o contexto e aplicação do modelo de decisão multicritério através de um exemplo praticado em âmbito profissional. Portanto, foi aplicado o estudo de caso em empresa do ramo de incorporações e construções imobiliárias de porte médio com catorze anos de atuação no mercado brasileiro.

A principal atividade da empresa é a construção de empreendimentos imobiliários residenciais voltadas à habitação popular, sendo loteamentos ou condomínios residências caracterizados por produção em larga escala e público de baixa renda. A empresa já entregou mais de doze mil unidades habitacionais. O principal método construtivo utilizado na empresa é o sistema de parede de concreto moldado *in loco*, tecnologia que gera economia, velocidade de produção e diminuição de resíduos.

A empresa participa de todas etapas envolvidas do ciclo de desenvolvimento de *real estate* residencial, citados na seção 2.2.

A motivação para o desenvolvimento do estudo na empresa foi a falta de um procedimento para auxiliar a diretoria a selecionar dentre os projetos em prospecção quais seriam investidos e a prioridade que os colaboradores deveriam atuar.

O resultado estratégico esperado é melhorar a eficiência da empresa para aumentar o desempenho produtivo, resultado financeiro e diminuir o período de desenvolvimento dos empreendimentos. Além de priorizar os projetos em prospecção, para direcionar o foco nos empreendimentos de maior interesse.

Portanto, o modelo desenvolvido foi aplicado para selecionar a melhor opção de investimento em quatro projetos imobiliários residenciais em prospecção na empresa. A seguir é descrito como foi aplicado o modelo.

A **primeira etapa** foi a escolha da equipe para aplicar o modelo. Para compor a equipe de especialistas é necessário domínio do conhecimento em comercialização de imóveis, engenharia e análise financeira. Os colaboradores selecionados foram: o diretor executivo, coordenador comercial, coordenador de planejamento, coordenador administrativo e consultor jurídico. A empresa optou por dar a responsabilidade de cada categoria para o respectivo especialista da área, conforme descrito na Quadro 6.

Quadro 6: Analista de cada categoria

<b>Categorias</b>	<b>Especialista</b>
<i>C<sub>1</sub> Negociação</i>	Coordenador comercial
<i>C<sub>2</sub> Financiamento</i>	Coordenador comercial
<i>C<sub>3</sub> Técnico</i>	Coordenador administrativo
<i>C<sub>4</sub> Financeiro</i>	Coordenador de planejamento
<i>C<sub>5</sub> Jurídico</i>	Consultor jurídico

Fonte: Autor

A empresa consta com quatro projetos em *status* avançados de negociação, apresentados na Quadro 7.

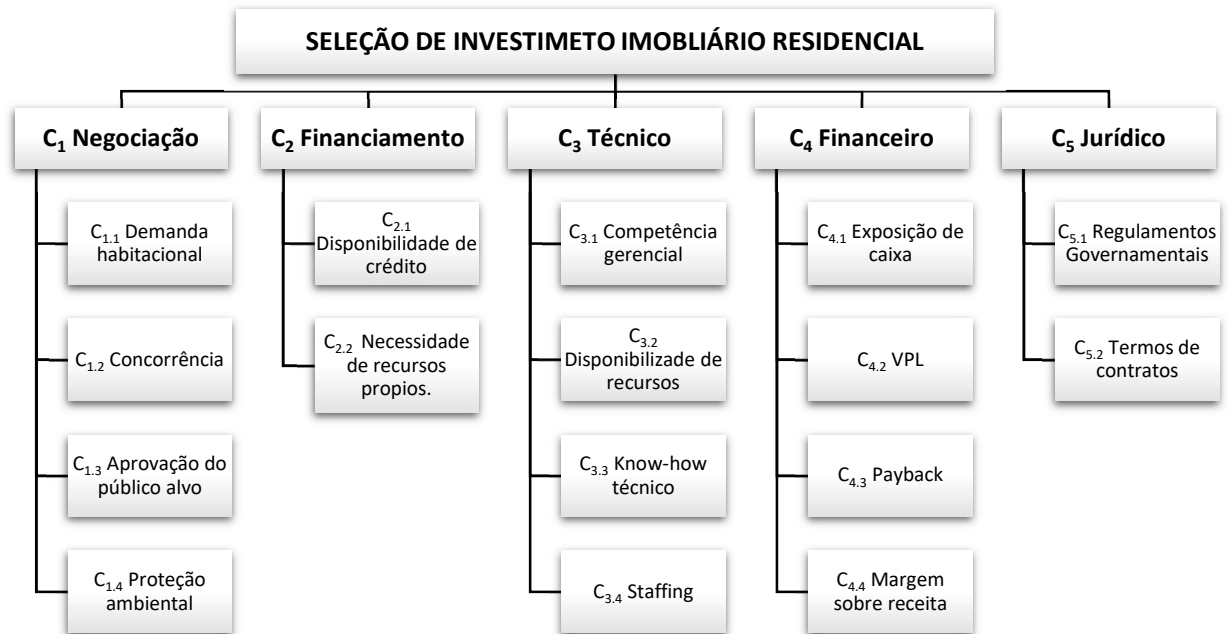
Quadro 7: Descrição dos projetos selecionados para estudo de caso.

<b>Projetos</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	Loteamento aberto de casas com 6 m <sup>2</sup> de área privativa, em lotes individualizados de 180 m <sup>2</sup> . Unidades: 200 Distância: 413 km da sede administrativa. Crédito imobiliário: financiamento bancário, SFH, recursos do FGTS, PMCMV Faixa 2, plano empresário para financiamento da comercialização e construção das unidades. Método construtivo: Sistema Paredes de Concreto
<b>2</b>	Loteamento aberto de casas com 47 m <sup>2</sup> de área privativa, em lotes individualizados de 200 m <sup>2</sup> . Unidades: 101 Distância: mesma cidade da sede administrativa. Crédito imobiliário: financiamento bancário, SFH, recursos do FGTS, PMCMV Faixa 2, plano empresário para financiamento da comercialização e construção das unidades. Método construtivo: Sistema Paredes de Concreto
<b>3</b>	Loteamento aberto de casas com 47 m <sup>2</sup> de área privativa, em lotes de 200 m <sup>2</sup> . Distância: 80 km da sede administrativa Unidades: 31 Crédito imobiliário: financiamento bancário, SFH, recursos do FGTS, PMCMV Faixa 2, plano empresário para financiamento da comercialização e construção das unidades. Método construtivo: Sistema de Paredes de Concreto
<b>4</b>	Loteamento aberto de casas com com 45 m <sup>2</sup> de área privativa, em lotes individualizados de 200 m <sup>2</sup> . Distância: 650 km da sede administrativa. Unidades: 200 Crédito imobiliário: financiamento bancário, SFH, recursos do Fundo Governamental - FAR, PMCMV Faixa 1, terreno doado pela Prefeitura, contratação direta de todas as unidades pelo Governo Federal. Método construtivo: Sistema de Paredes de Concreto

Fonte: Autor.

O **segundo passo** foi a seleção dos critérios, apresentados na Figura 10. A escolha dos critérios de cada categoria foi de acordo com o especialista da área, conforme o Quadro 6.

Figura 10: Hierarquia de critérios selecionados para estudo de caso



Fonte: Autor.

As justificativas da escolha dos critérios são listadas abaixo:

- C<sub>1.1</sub> Demanda habitacional: devido aos projetos da empresa serem voltados ao déficit habitacional, o critério avaliado é importante pois representa a capacidade de comercialização.
- C<sub>1.2</sub> Concorrência: importante avaliar a oferta de empreendimentos semelhantes ao projeto na região em prospecção, pois quanto menor a concorrência, melhor será o desempenho comercial.
- C<sub>1.3</sub> Aprovação do público alvo: a aceitação do público pelo produto oferecido no projeto, está diretamente relacionado à capacidade de comercialização das unidades.
- C<sub>1.4</sub> Proteção ambiental: a empresa tem como missão desenvolver empreendimentos residenciais atendendo os requisitos ambientais e desenvolver a sustentabilidade na construção civil. Para a empresa, é importante que a incorporação esteja de acordo com o órgão ambiental responsável pelo desenvolvimento urbano regional e o sistema construtivo deve diminuir os impactos ambientais.

- C<sub>2.1</sub> Disponibilidade de crédito: por se tratar de empreendimentos voltado ao público de baixa renda, as políticas governamentais em relação a disponibilidade de crédito e subsídio para o público alvo influencia diretamente na capacidade de comercialização, sendo um dos critérios determinantes para a seleção dos empreendimentos a serem desenvolvidos.
- C<sub>2.2</sub> Necessidade de recursos próprios: um dos principais critérios que o cliente considera para a compra de um imóvel é o valor de entrada para o financiamento imobiliário, principalmente para empreendimentos voltados ao público de baixa renda.
- C<sub>3.1</sub> Competência gerencial: para o desenvolvimento dos projetos é necessário que os gestores tenham capacidade e conhecimento para coordenar a operação.
- C<sub>3.2</sub> Disponibilidade de recursos: a disponibilidade dos recursos necessários, incluindo capital, materiais e equipamentos.
- C<sub>3.3</sub> *Know-how* técnico: cada projeto exige conhecimento técnico e tecnológicos para execução das operações.
- C<sub>3.4</sub> *Staffing*: para a construção dos empreendimentos são necessários muitos colaboradores de diversas áreas de conhecimento, a experiência da equipe para execução do projeto é diferencial.
- C<sub>4.1</sub> Exposição de caixa: investimento necessário para a realização do projeto.
- C<sub>4.2</sub> VPL: indicador financeiro utilizado na empresa para análise da rentabilidade do investimento imobiliário, a empresa considera a taxa de atratividade mínima de 15,58% a.a.
- C<sub>4.3</sub> *Payback*: indicador muito utilizado na empresa, pois quanto menor o período de *payback* maior a capacidade de empresa em investir em novos projetos com o mesmo capital de giro.
- C<sub>4.4</sub> Margem: indicador utilizado na empresa para comparação com outros projetos, margem do resultado líquido em relação ao VGV.
- C<sub>5.1</sub> Regulamentos Governamentais: a empresa conta com consultoria jurídico para validar e pesquisar possíveis ocorrências ilegais nos projetos em prospecção.
- C<sub>5.2</sub> Termos de contratos: para a tomada de decisão do investimento, o departamento jurídico avalia as condições contratuais da negociação do empreendimento.

O **terceiro passo** foi a aplicação do procedimento para a ponderação da hierarquia de critérios. A responsabilidade de julgamento de cada categoria, segue a relação descrita na Quadro 6.

Para ponderar os critérios locais das categorias  $C_1$ Negociação,  $C_3$ Técnico e  $C_4$ Financeiro foi utilizado a técnica AHP descrita na seção 3.1. Portanto, foi elaborada as matrizes de comparação conforme a Equação 1, em seguida foi realizado o cálculo dos pesos  $w_l$  pelo método geométrico descrito na Equação 2 e posteriormente foi verificado o CR através das Equações 3, 4, 5 e 6. As matrizes de comparação e o resultado da ponderação são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. Nota-se que as comparações foram coerentes, com  $CR < 0,1$ .

Tabela 3: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria  $C_1$ Negociação.

	$C_{1.1}$	$C_{1.2}$	$C_{1.3}$	$C_{1.4}$	$w_{1,n}$
$C_{1.1}$	1,000	6,000	4,000	0,333	0,262
$C_{1.2}$	0,167	1,000	0,500	0,111	0,048
$C_{1.3}$	0,250	2,000	1,000	0,111	0,076
$C_{1.4}$	3,000	9,000	9,000	1,000	0,614
				<b>CR</b>	<b>0,026</b>

Fonte: Autor

Tabela 4: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria  $C_3$ Técnico.

	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$w_{3,n}$
$C_{3.1}$	1,000	0,167	5,000	2,000	0,181
$C_{3.2}$	6,000	1,000	7,000	7,000	0,660
$C_{3.3}$	0,200	0,143	1,000	0,333	0,050
$C_{3.4}$	0,500	0,143	3,000	1,000	0,109
				<b>CR</b>	<b>0,086</b>

Fonte: Autor

Tabela 5: Comparações pareadas e pesos obtidos para a categoria C<sub>4</sub>Financeiro.

	$C_{4.1}$	$C_{4.2}$	$C_{4.3}$	$C_{4.4}$	$w_{4,n}$
$C_{4.1}$	1,000	0,250	0,200	3,000	0,117
$C_{4.2}$	4,000	1,000	0,500	4,000	0,316
$C_{4.3}$	5,000	2,000	1,000	5,000	0,500
$C_{4.4}$	0,333	0,250	0,200	1,000	0,068
				<b>CR</b>	<b>0,067</b>

Fonte: Autor

Para as categorias C<sub>2</sub>Financiamento e C<sub>5</sub>Jurídico foi selecionado dois critérios para cada categoria, portanto foi aplicado a ponderação direta pelos especialistas. Conforme descrito nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Pesos determinado para as categorias C<sub>2</sub>Financiamento e C<sub>5</sub>Jurídico

	$W_2$	$W_5$
$C_{2.1}$	0,500	
$C_{2.2}$	0,500	
$C_{5.1}$		0,500
$C_{5.2}$		0,500

Fonte: Autor

O peso das categorias  $w_c$  foi calculado através da aplicação do AHP, em que o responsável pelos julgamentos foi o diretor da empresa, devido a experiência e conhecimento em desenvolvimento imobiliário. Foi aplicado o mesmo procedimento descrito acima.

Tabela 7: Matriz de comparação e pesos obtidos para as categorias

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$w_c$
$C_1$	1,00	4,00	5,00	2,00	6,00	0,439
$C_2$	0,25	1,00	3,00	0,33	4,00	0,146
$C_3$	0,20	0,33	1,00	0,25	3,00	0,080
$C_4$	0,50	3,00	4,00	1,00	5,00	0,289
$C_5$	0,17	0,25	0,33	0,20	1,00	0,045
					<b>CR</b>	<b>0,0556</b>

Fonte: Autor.

Portanto, para a ponderação final dos critérios foi aplicado a Equação 16. O resultado final é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Matriz de comparação e pesos obtidos para as categorias

	$w_l$	$w_c$	$w_f$
$C_{1.1}$	0,262	0,439	0,115
$C_{1.2}$	0,048	0,439	0,021
$C_{1.3}$	0,076	0,439	0,033
$C_{1.4}$	0,614	0,439	0,270
$C_{2.1}$	0,5	0,146	0,073
$C_{2.2}$	0,5	0,146	0,073
$C_{3.1}$	0,181	0,080	0,014
$C_{3.2}$	0,660	0,080	0,053
$C_{3.3}$	0,050	0,080	0,004
$C_{3.4}$	0,109	0,080	0,009
$C_{4.1}$	0,117	0,289	0,034
$C_{4.2}$	0,316	0,289	0,091
$C_{4.3}$	0,500	0,289	0,145
$C_{4.4}$	0,068	0,289	0,020
$C_{5.1}$	0,500	0,045	0,023
$C_{5.2}$	0,500	0,045	0,023

Fonte: Autor.

O **quarto passo** consiste em dois momentos: avaliação dos projetos e aplicação da técnica TOPSIS para ordená-los.

No primeiro momento foi realizado a avaliação dos critérios. A definição dos responsáveis pela avaliação de cada categoria seguiu a relação descrita na Quadro 6. A equipe de especialistas optou por avaliar os critérios da maneira listada abaixo:

- $C_{1.1}$  Demanda habitacional: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, em que, quanto maior a pontuação, maior é a demanda do público alvo.
- $C_{1.2}$  Concorrência: o critério foi avaliado em uma escala Likert de 0 a 5, em que, quanto maior a pontuação, menor é a concorrência na região.
- $C_{1.3}$  Aprovação do público alvo: o critério foi avaliado em uma escala Likert de 0 a 5, em quanto maior a pontuação, maior a aceitação do produto.



- C<sub>1.4</sub> Proteção ambiental: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, mais sustentável é o projeto.
- C<sub>2.1</sub> Disponibilidade de crédito: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, melhor as condições de crédito imobiliário para o público alvo.
- C<sub>2.2</sub> Necessidade de recursos próprios: o critério foi avaliado pelo valor financeiro médio de entrada, simulados através da análise de renda do público alvo.
- C<sub>3.1</sub> Competência gerencial: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, melhor o desempenho da gestão que irá desenvolver o projeto.
- C<sub>3.2</sub> Disponibilidade de recursos: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, melhor é a disponibilidade de recursos para o projeto.
- C<sub>3.3</sub> *Know-how* técnico: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, maior é capacidade técnica da empresa para a construção do empreendimento.
- C<sub>3.4</sub> *Staffing*: o critério foi avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, melhor a capacidade da equipe de colaboradores.
- C<sub>4.1</sub> Exposição de caixa: investimento necessário para a realização do projeto. O critério foi avaliado pelo montante extraído da análise da simulação do fluxo do projeto. Para facilitar a visualização e cálculos, o valor foi considerado em milhares de reais.
- C<sub>4.2</sub> VPL: indicador financeiro utilizado na empresa para análise da rentabilidade do investimento imobiliário, a empresa considera a taxa de atratividade mínima de 15%. O critério foi analisado pelo indicador calculado através da simulação do fluxo de caixa do projeto. Para facilitar a visualização e cálculos, o valor foi considerado em milhar.
- C<sub>4.3</sub> *Payback*: indicador muito utilizado na empresa, pois quanto menor o período de *payback* maior a capacidade de empresa em investir em novos projetos com o mesmo capital de giro. O critério foi avaliado pelo indicador extraído da simulação do fluxo de caixa do projeto.
- C<sub>4.4</sub> Margem: indicador utilizado na empresa para comparação com outros projetos. O critério foi avaliado pelo indicador extraído da simulação do fluxo de caixa do projeto.

- $C_{5.1}$  Regulamentos Governamentais: a empresa conta com departamento jurídico são acionados para validar e pesquisar possíveis ocorrências ilegais nos projetos em prospecção. Com o objetivo de evitar risco de processos jurídicos. O critério é avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação menor são os riscos legais do empreendimento.
- $C_{5.2}$  Termos de contratos: para a tomada de decisão do investimento, o departamento jurídico avalia as condições contratuais da negociação do empreendimento. O critério é avaliado em escala Likert de 0 a 5, quanto maior a pontuação, menor são os riscos contratuais para negociação.

O resultado das avaliações é apresentado na Tabela 9.

O segundo momento foi aplicar a técnica TOPSIS, descrita na seção 3.2, para ordenação dos projetos. Iniciou-se pela construção da matriz de decisão, (Equação 8), normalização das alternativas  $r_{i,j}$  (Equação 9), ponderação dos critérios  $v_{i,j}$  utilizado peso  $w_f$  calculado no passo anterior (Equação 10) e determinação das soluções ideais positivas  $A^*$  e negativas  $A'$  (Equação 11 e 12). Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 9: avaliação das alternativas.

	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4
$C_{1.1}$	5	5	2	5
$C_{1.2}$	5	2	4	5
$C_{1.3}$	5	2	1	5
$C_{1.4}$	5	5	5	5
$C_{2.1}$	5	3	2	0
$C_{2.2}$	18.560	3.567	876	0
$C_{3.1}$	5	5	5	2
$C_{3.2}$	4	5	5	2
$C_{3.3}$	5	5	5	5
$C_{3.4}$	4	5	5	2
$C_{4.1}$	-425	-464	-208	-93
$C_{4.2}$	5.804	2.654	515	3.344
$C_{4.3}$	5,94	5,93	3,95	2,74
$C_{4.4}$	32,79%	34,18%	26,38%	24,07%
$C_{5.1}$	5	5	5	5
$C_{5.2}$	5	5	5	5

Fonte: Autor.

Tabela 10: Resultados aplicação da técnica TOPSIS.

Avaliação das alternativas					$w_f$	$r_{ij}$				$v_{ij}$				$A^*$ (SIP)	$A'$ (SIN)
	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4		
$C_{1.1}$	5	5	2	5	0,101	0,563	0,563	0,225	0,563	0,057	0,057	0,023	0,057	0,057	0,023
$C_{1.2}$	5	2	4	5	0,019	0,598	0,239	0,478	0,598	0,061	0,024	0,049	0,061	0,061	0,024
$C_{1.3}$	5	2	1	5	0,029	0,674	0,270	0,135	0,674	0,068	0,027	0,014	0,068	0,068	0,014
$C_{1.4}$	5	5	5	5	0,238	0,500	0,500	0,500	0,500	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$C_{2.1}$	5	3	2	0	0,074	0,811	0,487	0,324	0,000	0,082	0,049	0,033	0,000	0,082	0,000
$C_{2.2}$	18.560	3.567	876	0	0,074	0,981	0,189	0,046	0,000	0,100	0,019	0,005	0,000	0,000	0,100
$C_{3.1}$	5	5	5	2	0,015	0,563	0,563	0,563	0,225	0,057	0,057	0,057	0,023	0,057	0,023
$C_{3.2}$	4	5	5	2	0,054	0,478	0,598	0,598	0,239	0,049	0,061	0,061	0,024	0,061	0,024
$C_{3.3}$	5	5	5	5	0,004	0,500	0,500	0,500	0,500	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$C_{3.4}$	4	5	5	2	0,009	0,478	0,598	0,598	0,239	0,049	0,061	0,061	0,024	0,061	0,024
$C_{4.1}$	-425	-464	-208	-93	0,039	-0,635	-0,693	-0,311	-0,139	-0,064	-0,070	-0,032	-0,014	-0,014	-0,070
$C_{4.2}$	5.804	2.654	515	3.344	0,107	0,804	0,367	0,071	0,463	0,082	0,037	0,007	0,047	0,082	0,007
$C_{4.3}$	5,94	5,93	3,95	2,74	0,169	0,614	0,613	0,408	0,283	0,062	0,062	0,041	0,029	0,029	0,062
$C_{4.4}$	32,79%	34,18%	26,38%	24,07%	0,023	0,553	0,576	0,445	0,406	0,056	0,058	0,045	0,041	0,058	0,041
$C_{5.1}$	5	5	5	5	0,023	0,500	0,500	0,500	0,500	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$C_{5.2}$	5	5	5	5	0,023	0,500	0,500	0,500	0,500	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051

Fonte: Autor.

Em seguida foi calculado o  $Si^*$  para a distância de cada projeto em relação as SIP (Equação 13) e o  $Si'$  para a distância de cada projeto em relação a SIN (Equação 14). Por último foi calculado a pontuação de cada projeto  $C_m$  (Equação 15) e ranqueados em ordem decrescente. O resultado é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Classificação dos projetos em prospecção

	$Si^*$	$Si'$	$C_m^*$	Classificação
Projeto 1	0,118	0,143	0,548	2 <sup>a</sup>
Projeto 2	0,103	0,124	0,544	3 <sup>a</sup>
Projeto 3	0,114	0,128	0,530	4 <sup>a</sup>
Projeto 4	0,110	0,146	0,570	1 <sup>a</sup>

Fonte: Autor.

O **quinto passo** é tomada de decisão de quais investimentos devem ser selecionados.

A empresa identificou dois critérios que são eliminatórios para a escolha dos empreendimentos. A fonte de recursos do financiamento (*funding*) e o capital de giro.

Na Empresa, o principal risco considerado é não receber o repasse financeiro provenientes das fontes de recursos que financia os empreendimentos. Por exemplo: falência da instituição financeira, bloqueio ou esgotamento de Fundos Governamentais, calote de investidores, etc. A avaliação do *funding* depende do cenário econômico vigente no momento da tomada de decisão.

O capital de giro também é critério eliminatório no processo de seleção. Devem ser selecionados os projetos em que o montante financeiro de investimento seja menor que o capital de giro da empresa.

Portanto, a tomada de decisão irá considerar na classificação dos projetos, Tabela 19, os critérios eliminatórios: estrutura de *funding* e capital de giro.

O modelo foi aplicado em dezembro de 2018, período de transição política. Saída de uma liderança que se destacou pela liberação de crédito para habitação popular através de Fundos Governamentais, para uma liderança que não se posicionou na campanha sobre políticas voltadas a habitação. Nos projetos selecionados, o Projeto 1, 2 e 3 tem como *funding* recursos do FGTS e o Projeto 4 recursos de Fundos Governamentais. Os recursos de Fundos

Governamentais podem sofrer influência devido a alteração das lideranças políticas, enquanto que os recursos do FGTS são garantidos pela lei 8.036/90 que seja destinado uma parcela para crédito imobiliário habitacional. Portanto, no atual momento, a empresa optará em compor no portfólio empreendimentos que não tenha como fonte de recursos Fundos Governamentais.

O capital de giro atual na empresa é de seiscentos e quarenta e dois mil reais.

Os projetos foram analisados na ordem proposta da tabela 19. A primeira opção (Projeto 4) não foi selecionado devido a fonte de recursos ser de um Fundo Governamental. A segunda opção (Projeto 1) é selecionado pois o investimento inicial é menor que o capital de giro. A terceira opção (Projeto 2) foi excluída da seleção pois o capital de giro da empresa não tem capacidade para suprir a exposição de caixa junto ao Projeto 1 já selecionado. A quarta opção (Projeto 3) é selecionada pois o capital de giro da empresa suporta a exposição de caixa no Projeto 1 e 3 ao mesmo tempo.

Portanto foram selecionados os Projetos 1 e 3 para investimento.

## 5.2. FEEDBACK DA EMPRESA SOBRE A APLICAÇÃO DO MODELO

A Empresa relatou que a aplicação do modelo no processo decisório foi positiva, agregando os benefícios:

- Visão holística dos projetos em prospecção devido hierarquização dos critérios. Reunir a equipe para escolha dos critérios sob olhar das categorias propostas no modelo, fez com o processo decisório abordasse diversos setores na empresa, compartilhando a opinião de cada especialista. Utilizar a técnica AHP para ponderação dos critérios contribui para que o julgamento seja consistente em comparação com abordagem arbitrária.
- Ranking dos projetos em prospecção.  
O modelo considera critérios que são calculados através de simulações do fluxo de caixa e critérios que são avaliados pela experiência dos especialistas. Portanto, a pontuação final do projeto representa a combinação de dados quantitativos e dados subjetivos.

A metodologia de simulação de cenários para avaliar os critérios é simples, demanda menor tempo em relação as simulações probabilísticas. A combinação das técnicas AHP e TOPSIS não apresentou dificuldades na aplicação.

A Etapa V do modelo foi determinante para o sucesso, pois considerou o gerenciamento de riscos que estão sujeitos ao ciclo econômico e político, no qual pode impactar alguns critérios, tornando-os eliminatórios no momento da tomada de decisão.

A classificação obtida estava coerente em relação a expectativa da empresa.

- **Gestão empresarial**

Orientar os colaboradores a priorizar suas atividades seguindo a classificação dos projetos resultará na diminuição do tempo entre aprovação do investimento e o *payback*.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida atingiu os objetivos esperados, sendo: listagem dos critérios para seleção de investimentos em *real estate* residencial, hierarquia de análise e o modelo de decisão para seleção dos investimentos.

Por se tratar da construção de empreendimentos imobiliários, o levantamento dos critérios combinou a literatura relacionada seleção de investimentos em *real estate* e seleção de projetos de construção. Nota-se uma gama de critérios quantitativos e qualitativos, descritos na Tabela 6, que podem ser calculados ou obtidos por julgamento.

A pesquisa propõe que a hierarquia de análise dos critérios seja dividida em categorias que representam os tipos de análise que devem compor os projetos imobiliários residenciais, Figura 9.

O modelo decisório utiliza a combinação das técnicas AHP e TOPSIS. A escolha da técnica AHP para a ponderação dos critérios, foi devido a simplicidade de aplicação em comparação com as técnicas citadas pelos autores Taylan et al (2014), Ebrahimnejad et al (2012), Cheng & Li (2005). A escolha do TOPSIS, também foi devido a simples aplicação quando comparado as técnicas que consideram limites de oscilação nas avaliações dos critérios, descrita pelos autores Taylan et al (2014), Ebrahimnejad et al (2012), Wong et al (2010), Ginevičius & Zubrecovas (2009), Mohamed & McCowan (2001).

O modelo proposto no trabalho apresenta vantagens em relação ao modelo desenvolvido pelos autores Ginevičius & Zubrecovas (2009). A proposta dos autores não considera uma etapa para verificar se a classificação dos projetos estão de acordo com gerenciamento de risco do investidor para a tomada de decisão; a abordagem é direcionada a investimentos em qualquer ramo do *real estate* (residencial, logístico, comercial, etc.), sendo assim não considera critérios voltados a habitação; e não apresenta critérios relacionado a capacidade técnica de construção.

A presente pesquisa complementa a abordagem proposta por Lima Jr, Monetti e Alencar (2011), no qual não descreve uma rotina específica para a seleção de projetos imobiliários.

No estudo de caso, o feedback da Empresa foi positivo, no qual o modelo além de auxiliar o processo decisório contribuiu para a visão holística dos projetos e diminuição do tempo entre a aprovação e *payback*.

O trabalho desenvolvido contribui para o desempenho de empreendedores do setor de *real estate* residencial, através da contribuição para aumentar a eficiência dos recursos aplicados para investimento em novos projetos.

Recomenda-se estudo para que seja considerado a utilização de parâmetros *fuzzy* para avaliação da incerteza nos critérios subjetivos, utilizando a combinação das técnicas *Fuzzy AHP* e *Fuzzy TOPSIS* descritas por Taylan et al (2014). Em seguida comparar o resultado dos dois modelos.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, N. **Riscos relacionados ao real estate residencial e o processo de investimento adotado pelos parceiros-investidores como resposta.** São Paulo, 2016. 185 f. MBA em Real Estate, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias. **Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos.** São Paulo: Abrainc, 2018.
- BALARINE, O. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Revista Produção**, vol. 14, n. 2, 2004.
- Behzadianetal. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. **Expert Systems with Applications**, v.39, 2012.
- BUCHANAN, L.; O'CONNELL, A. Uma breve história da tomada de decisões. **Harvard Business Review Brasil**, v.84, n.1, agosto, 2006.
- CAMARGO, C. B. **Reconhecimento de fatores que motivam a intensificação de rotinas proativas no processo de seleção de terrenos para incorporação imobiliária: estudos de caso.** São Paulo, 2011. 242 f. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- CHAN, A. P. C.; SCOTT, D.; CHAN, A. P. L.. Factors Affecting the Success of a Construction Project. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 130, n. 1, p.153-155, 2004. American Society of Civil Engineers (ASCE).
- CHENG, E. W. L.; LI, H. Analytic Network Process Applied to Project Selection. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 131, n. 4, p.459-466, abr. 2005. American Society of Civil Engineers (ASCE).
- EBRAHIMNEJAD, S. et al. A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in a fuzzy environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 36, n. 9, p.4197-4217, set. 2012. Elsevier BV.
- Fundação João Pinheiro (Org.). **Déficit Habitacional no Brasil.** Belo Horizonte: FJP, Diretoria de Estatística e Informações, 2018.
- GARBI, J. B. **As estratégias de vendas para empreendimentos imobiliários voltados para baixa renda existentes no mercado com na proposta de pontos de venda e seus instrumentos.** São Paulo, 2011. MBA em Real Estate, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- GENNARI, R. M. **Investimento em empreendimentos no segmento econômico, por meio de parcerias com Fundos de Investimentos em Participações.** São Paulo, 2016. 78 f. MBA em Real Estate, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- GINEVIČIUS, R.; ZUBRECOVAS, V. Selection of the optimal real estate investment project basing on multiple criteria evaluation using stochastic dimensions. **Journal Of Business Economics And Management**, v. 10, n. 3, p.261-270, 30 set. 2009.
- DEL GIUDICE, V.; PAOLA, P.; CANTISANI, G. Valuation of Real Estate Investments through Fuzzy Logic. **Buildings**, v. 7, n. 4, p.1-23, 15 mar. 2017.

- HWANG, C. L.; YOON, K. P. Multiple attribute decision making: Methods and applications. **New York: Springer-Verlag**, 1981.
- LOIZOU, P; FRENCH, N. Risk and uncertainty in development. **Journal Of Property Investment & Finance**, v. 30, n. 2, p.198-210, 2 mar. 2012. Emerald.
- MOHAMED, S.; MCCOWAN, A. K. Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory. **International Journal Of Project Management**, v. 19, n. 4, p.231-241, maio 2001. Elsevier BV.
- MINTZBERG, H.; RAISINGHANI, D.; THÉORËT, A. The Structure of “unstructured” decision processes. **Administrative Science Quarterly**.v..21, p.246-249, 1976.
- PAGOURTZI, E. et al. Real estate appraisal: a review of valuation methods. **Journal Of Property Investment & Finance**, v. 21, n. 4, p.383-401, ago. 2003. Emerald.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 5ª ed. São Paulo: 2012.
- ROCHA LIMA JR. J., MONETTI, E., ALENCAR, C. T. **Real Estate Fundamentos para Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- SAATY, T. L. **Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process** (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, 1988
- SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v.48, n.1, p.9–26, 1990.
- SUBRAMANIAN, N. RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, v.138, 2012
- TAYLAN, O. et al. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. **Applied Soft Computing**, v. 17, p.105-116, abr. 2014.Elsevier BV.
- ZAHEDI, F. The analytic hierarchy process, a survey of the method and its applications. **Interfaces** . v.16, n.4, p.96–108, 1986.
- ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; TAMOŁAITIENĖ, J. Risk assessment of construction projects. **Journal Of Civil Engineering And Management**, v. 16, n. 1, p.33-46, 31 mar. 2010.
- UQBAR. **Securitização e Financiamento Imobiliário** 2015. Rio de Janeiro, 2015.
- URBANAVIČIENĖ, V; KAKLAUSKAS, A.; ZAVADSKAS, E. K. The conceptual model of construction and real estate negotiation. **International Journal Of Strategic Property Management**, v. 13, n. 1, p.53-70, 31 mar. 2009. Vilnius Gediminas Technical University.
- LIMA JR. MONETTI, ALENCAR (2019)