

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS

FLAVIO MURILO WEYAND DO VALLE

**MÉTODO MULTICRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DECISÃO NA
ESCOLHA DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS:
PAREDES DE CONCRETO, STEEL FRAME E WOOD FRAME**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

FLAVIO MURILO WEYAND DO VALLE

**MÉTODO MULTICRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DECISÃO NA
ESCOLHA DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS:
PAREDES DE CONCRETO, STEEL FRAME E WOOD FRAME**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Matoski

CURITIBA

2017

FLAVIO MURILO WEYAND DO VALLE

**MÉTODO MULTICRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DECISÃO NA ESCOLHA DE
MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: PAREDES DE CONCRETO,
STEEL FRAME E WOOD FRAME**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Adalberto Matoski. (Orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus
Curitiba.

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus
Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus
Curitiba.

Curitiba
2017

**“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação
do Curso”**

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra a minha família,
Marlene, Jaime, e Fábio. Cito a todos pois
cada um teve papel fundamental em cada
etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que ajudaram a concluir mais essa etapa, primeiramente preciso e devo agradecer minha família pelo incentivo constante nos estudos, querendo sempre que chegasse mais longe, e por tudo o que fizeram e fazem por mim. Aos amigos Daniele Carmignan, Filipe Mendes e Yuri Bedra, pelo apoio moral e grandes conselhos; A todos que me receberam durante as viagens que fiz de Florianópolis até Curitiba para fazer esta especialização, nos 21.000km que percorri do primeiro ao último dia de aula; a família Camargo, e família Oliveira, aos primos Jonas e Andrea, aos tios Luci e Célio;

Aos membros do PMI - SC, Andrey Furlan e Grazi Izidorio, pelo apoio e conselhos para a monografia além de conselhos profissionais. Aos colegas de GEOB, especialmente Alison, Everton, Filipe, Marcelo, e Sérgio, aos professores que foram inspiradores, e extremamente qualificados para a tarefa de preparar um especialista em Gerenciamento de Obras;

Gostaria de agradecer aos Professores Cabeto pelas aulas inspiradoras, Catai pelas conversas e conselhos e em especial ao Professor Adalberto pela orientação e apoio; Ainda no GEOB, o professor Wille, com sua grande visão e experiência, ajudando a organizar as idéias e projetos futuros; Também não poderia deixar de agradecer grandes professores que tive, ao Prof. Artur Sartorti por sempre ser mais que um mestre, um amigo em que posso contar todos os momentos, seja na parte acadêmica, espiritual, ou pessoal; ao sempre atencioso, mesmo que sem tempo Armando Terribili, pelos os conselhos, cafés, e convites acadêmicos, mas principalmente por acreditar no meu potencial e me ajudar na minha carreira profissional;

"Success usually comes to those who are
too busy to be looking for it."

Henry David Thoreau

RESUMO

VALLE, Flavio Murilo Weyand do. Método Multicritérios de Análise de Decisão na Escolha de Métodos Construtivos Industrializados: Paredes De Concreto, Steel Frame e Wood Frame, 2017. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um método multicritério de análise de decisão para escolha de sistemas construtivos industrializados, através do método de tomada de decisão AHP *Analytic Hierarchy Process* (AHP), utilizando critérios de desempenho, critérios econômicos e critérios sócioambientais. No Brasil, a indústria da construção civil depende muitas vezes de tomada de decisões complexas, utilizar ferramentas que auxiliem essa tomada de decisão, é uma das maneiras de fazê-la da melhor forma possível. A metodologia do presente trabalho visa comparar os critérios de desempenho, econômicos e sócioambientais, na escolha do melhor método construtivo industrializado por meio de um modelo multicritério de tomada de decisão. Através da presente pesquisa, constata-se que hoje em dia no Brasil, o melhor método construtivo, levando em conta os critérios escolhidos é o Sistema Steel Frame.

Palavras chave: Construção Civil, Método Multicritérios de Análise de Decisão, AHP, sistemas construtivos industrializados, Paredes de Concreto, *Steel Frame*, *Wood Frame*.

ABSTRACT

VALLE, Flavio Murilo Weyand do. Multiple-Criteria Decision Analysis in the Choice of Industrialized Construction Methods: Concrete Walls, Steel Frame, Wood Frame, 2017. 40 pages. Monograph (Specialization) - Course in Construction Management - Federal University of Technology – Parana, Curitiba, 2017.

The present study aimed to develop a multicriteria decision analysis method for the selection of industrialized construction systems using the AHP Analytic Hierarchy Process (AHP), using performance criteria, economic criteria and socio-environmental criteria. In Brazil, the construction industry often depends on complex decision-making, using tools to assist in this decision-making is one of the ways to do it in the best possible way. The methodology of the present work aims at comparing the performance criteria, economic and social and environmental, in the choice of the best industrialized construction method through a multicriteria model of decision making. Through the present research, it is verified that nowadays in Brazil, the best constructive method, taking into account the criteria chosen is the Steel Frame System.

Keywords: *Construction Management, Multicriteria Decision Making, AHP, Industrialized Construction Methods, Concrete Walls, Steel Frame, Wood Frame.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Processes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAUT	Multiattribute Utility Theory
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i>
MMAD	Método Multicritérios de Análise de Decisão
NBR	Norma Regulamentadora
PAIC	Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PDCA	Ciclo PDCA, ou ciclo de Deming
PIB	Produto Interno Bruto
SINAP	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SMART	Simple Multi Attribute Rating Technique

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.3. JUSTIFICATIVA.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL.....	14
2.2. CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO.....	15
2.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS.....	15
2.4. PRINCIPAIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS.....	17
2.5. TOMADA DE DECISÃO.....	23
2.6. MÉTODOS MULTICRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DECISÃO.....	24
3. METODOLOGIA	28
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	29
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil passa por um momento de crise em diversos setores da indústria, dentre eles, o setor da construção civil. O desemprego alcança níveis históricos alarmantes, atingindo diversas áreas. Deste modo, sendo o Brasil um país em desenvolvimento, a construção acaba sendo um dos pilares da economia deste. Por hora vivencia-se períodos em que o Produto Interno Bruto (PIB) da construção é maior que a do país, porém em momentos de recessão como esse, o PIB da Construção é ainda mais baixo que o PIB nacional (IBGE, 2015).

O alto nível de desemprego, afeta diversos setores do Brasil, que por ser um país em desenvolvimento, tem a construção como um de seus pilares. Há tempos nota-se um cenário não muito animador, não apenas na construção, como em outros setores que operam com resultados negativos, se comparado a anos anteriores, fazendo diminuir os postos de trabalho, e tirando o poder de compra, e causando o endividamento da população.

A construção civil é uma indústria com menos de 30 anos, e por ser uma indústria relativamente jovem, deve reconhecer e perceber suas deficiências, em contra partida, deve aproveitar as oportunidades de crescimento e explorar seus pontos positivos.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É impossível falar em melhoria de processos e melhoria contínua sem associar as práticas da gestão de projetos. Destaca-se a importância da melhoria contínua e da busca de novos métodos que auxiliem a tomada de decisão. Pode-se dizer que somente a partir da década de 1990, a Construção Civil tornou-se uma indústria, com a implementação de avaliação, análises e controle de dados e valores, dados levantados por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAP) e Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), por exemplo.

Nos dias de hoje existem novos métodos construtivos, tecnologias, prazos e demandas. O mercado atual exige maiores critérios de produção, métodos e

níveis de controle. Com o aumento do porte dessas decisões, torna-se fundamental procurar melhores processos e formas de gerenciar quaisquer empreendimentos.

Neste sentido, considerando a alta demanda de projetos, bem como a necessidade de decisões de forma rápida e precisa, é possível utilizar ferramentas e métodos que agilizem e facilitem a tomada de decisões, principalmente quando surgem decisões mais complexas.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um método multicritério de análise de decisão para escolha de sistemas construtivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar um modelo de tomada de decisão *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para escolha de sistemas construtivos.
- Comparar os sistemas industrializados: paredes de concreto, *steel frame*, *wood frame*.

1.3 JUSTIFICATIVAS PARA A ESCOLHA DO TEMA

A construção tem um grande potencial para sua mudança e crescimento, podendo e devendo otimizar processos, por meio de técnicas e ferramentas que auxiliem o seu progresso. Ao desenvolver um método multicritérios para uma tomada de decisão, chega-se não só a uma solução numericamente mais adequada, como deixa-se de lado os palpites ou tendência do gerente do projeto, para utilizar métodos mais científicos para uma escolha.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um ramo da engenharia importante para o desenvolvimento da sociedade e é uma das bases da economia do Brasil, entretanto, suas grandes oscilações nos mostra a instabilidade do setor, que muitas vezes tem uma produção alta, mas ainda assim, nos mostra o seu grande potencial, que deve ser explorado.

Como ressaltado por Rosa (2007):

“No Brasil, quando o assunto é o desenvolvimento ou as ações de governo para o desenvolvimento, a construção civil é considerada como um dos setores de maior importância, tanto na absorção de mão de obra quanto na medição do crescimento econômico, tal o significado e dimensão de seus números no cálculo do PIB.” (ROSA, 2007, p. 13).

Pode-se observar na Figura 1, que entre o ano de 2006 à 2012 o setor cresceu 1,61 vez mais que o PIB nacional, embora desde 2013, o PIB da construção é ainda menor que o nacional (IBGE, 2015).

PIB Brasil X PIB Construção Civil (Variação %) - 2001 à 2015

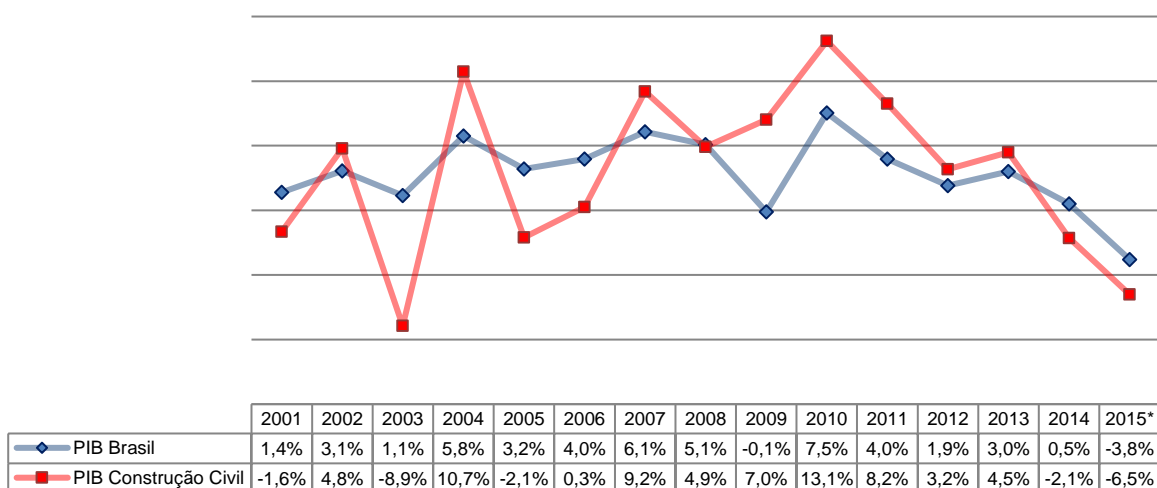


Figura 1 - PIB Brasil X PIB Construção Civil (Variação %) - 2001 à 2015

Fonte: IBGE, 2015

(* Os dados de 2015 referem-se as Contas Nacionais Trimestrais (Série Revisada-2010).

2.2 CICLO DE VIDA DE UMA EDIFICAÇÃO

O ciclo de vida das edificações é uma preocupação que surgiu nos últimos anos, com o questionamento sobre o que seria feito com as edificações no fim da sua vida útil. Iniciativas promovidas pela Agenda 21, documento criado em 1992 na Conferência Eco-92, e que 20 anos depois foram reforçadas Conferência Rio +20, tais eventos mudaram drasticamente a preocupação com a sustentabilidade e impacto ambiental, e também a cadeia produtiva da construção civil (JOHN, 2001).

Atualmente o ciclo da construção é levada em conta como um todo, em todo o seu ciclo de vida, desde o seu planejamento e ideia inicial, a sua construção e uso, até no futuro na sua manutenção e posteriormente descarte. É como se chegasse num nível em que é possível incorporar o ciclo PDCA, para dentro da cadeia construtiva, podendo assim realmente se considerar uma indústria (DEGANI, 2002).

Segundo Degani (2002), o ciclo da edificação é composto pelas seguintes fases:

- Planejamento ou Projeto;
- Implantação ou Execução;
- Uso;
- Manutenção;
- Demolição ou Descarte;

2.3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

2.3.1 A origem da industrialização na Construção

A necessidade de uma maior padronização, qualidade, e escala de produção, acaba tornando inevitável que a industrialização chegue também a construção civil, em meio a esse contexto expansionista, e com o avanço da mecanização, é que surgiu em Chicago uma nova forma de construir, chamada

de Balloon Frame, criado por George Washington Snow, empresário da madeira da época, que desenvolveu a estrutura, no ano de 1832 (MILLER, 1997).

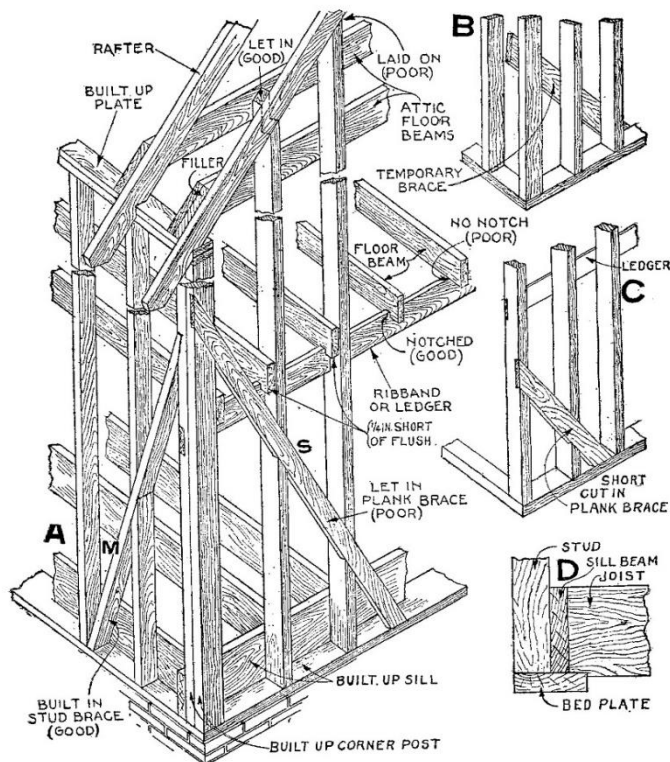


Figura 2 - Balloon frame
Fonte: MILLER, 1997

Segundo Rosa (2007), o método construtivo não trazia a tradicional hierarquia de elementos principais e secundários. As edificações eram feitas com peças longas de madeira, todas perfeitamente iguais, colocadas em distâncias definidas e fixação feita por meio de pregos comuns. Em meados de 1800, a maior parte da cidade era construída por meio desse sistema.

De acordo com Bruna (1976), pode-se ver a procura por uma maior produtividade e surgimento de mecanismos de produção em série, nos seus primórdios. E com o passar da primeira e segunda revolução industrial, como um grande marco, na busca por uma maior produção e industrialização dos processos, em meados de 1950.

O processo de industrialização na construção civil, consiste na produção de elementos e peças que constituem o sistema, de forma mais simples e mecanizadas, que se assemelha a produção feita em uma linha de montagem numa indústria tradicional, otimizando os processos e agrupando-os em linhas de processos, dividindo-os em sistemas e subsistemas (LEOPOLDO, 2015).

2.4 PRINCIPAIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

2.4.1 Sistema Paredes de Concreto

O sistema Paredes de Concreto é um método que tem ganhado espaço no cenário da construção civil, onde o concreto é lançado por meio de fôrmas, preenchidas com telas de aço ou vergalhões. Após a cura do concreto é feito a desforma, transformando a estrutura num único elemento, moldado *in loco* (MISURELLI & MASSUDA, 2009).



Figura 3 – Montagem das formas
Fonte: JORNAL, O Sul, 2015;

2.4.1.1 O sistema construtivo e suas características

O sistema construtivo de paredes de concreto é um método de construção que oferece produtividade, qualidade e economia. Este sistema é indicado para obras onde exista alta repetitividade, necessidade de padronização e rapidez na construção. Um dos principais benefícios do sistema, é a qualidade do produto final, tendo um produto homogêneo ao final da linha de produção, diminuindo os retrabalhos e atividades não produtivas, além da própria diminuição dos resíduos em relação à alvenaria convencional (MISURELLI & MASSUDA, 2009).

A NBR 16055:2012 - Paredes de concreto moldada no local para a construção de edificações, é a norma que estabelece requisitos básicos para construções utilizando paredes de concreto moldadas no local, com fôrmas removíveis, é ela que estabelece os requisitos e procedimentos, antes disso, o que se tinha como referência eram normas internacionais que serviam de apoio. Os componentes do sistema são basicamente, concreto, aço, e as formas que moldam as paredes de concreto, podendo ser as fôrmas (CORSINI, 2011).

2.4.1.2 Vantagens e Desvantagens

Paredes de concreto moldadas *in loco*, são um dos métodos construtivos mais industrializados que temos na construção civil, já que todo o seu processo de produção, materiais e equipamentos, buscam otimizar os processos e ter uma legítima produção em série. Ele é um ótimo método extremamente vantajoso para empreendimentos com alta repetitividade, curtos prazos e economia de custos de material e mão de obra (FRANCO, 2010).

As principais vantagens, segundo Franco (2010), são:

- i. Alta produtividade;
- ii. Custo geral da obra competitivo;
- iii. Execução simultânea da estrutura e vedação;
- iv. Alta resistência ao fogo;
- v. Baixo custo construtivo se utilizado em empreendimentos de grande porte;
- vi. Pode dispensar revestimentos;
- vii. Pouco desperdício de material e baixo índice de perdas;
- viii. Mão de obra reduzida;
- ix. Ganho de qualidade, tanto nos serviços de execução, quanto no produto final;
- x. Aumento da área útil da habitação, com uma menor espessura das paredes.

As principais desvantagens, também segundo Franco (2010), são:

- i. Baixa flexibilidade;
- ii. Custo é dependente da reutilização das fôrmas e da velocidade de execução;
- iii. É necessário um grande domínio tecnológico sobre sistema;
- iv. Devido muitas vezes a uma menor espessura da parede, pode haver uma perda no conforto térmico e acústico;
- v. Em edifícios habitacionais, concorre com a alvenaria estrutural, normalmente ficando em desvantagem;
- vi. Uma menor flexibilidade também na correção de falhas e imprevistos, caso surja alguma patologia.

2.4.1.3 Exemplos do sistema.

Podemos ver nas figuras abaixo o sistema construtivo Paredes de Concreto. A figura 4 mostra as formas sendo içadas no canteiro de obras, na parte de montagem.



Figura 4 – Exemplo de içamento das formas.
Fonte: OLIVEIRA e OLDAKOSKI, 2014;

Já na figura 5, vemos o funcionamento do sistema, a medida que vão sendo terminados os andares inferiores, no caso de edifícios usando paredes de concreto. Após o término de um andar, as mesmas formas são utilizadas nos andares subsequentes.



Figura 5 – Edificação utilizando o Sistema Paredes de Concreto
Fonte: OLIVEIRA e OLDAKOSKI, 2014;

2.4.2 *Light Steel Framing*

O *Light Steel Framing*, muitas vezes chamado apenas de *Steel Frame* é um método construtivo muito utilizado em países mais desenvolvidos, principalmente pela sua rapidez e velocidade de execução.

2.4.2.1 O sistema construtivo e suas características

Sistema construtivo composto por perfis de aço galvanizado, associados OSB ou placas cimentícias o steel frame, surgiu nos Estados Unidos, no século 20, como uma evolução do wood frame, para atender à necessidade urgente de novas habitações, em função da explosão demográfica no país. Versatilidade, redução do desperdício de material e rapidez de construção estão entre as principais vantagens do sistema, que exige projeto e planejamento minuciosos para evitar patologias. (LOURENÇON, 2011).

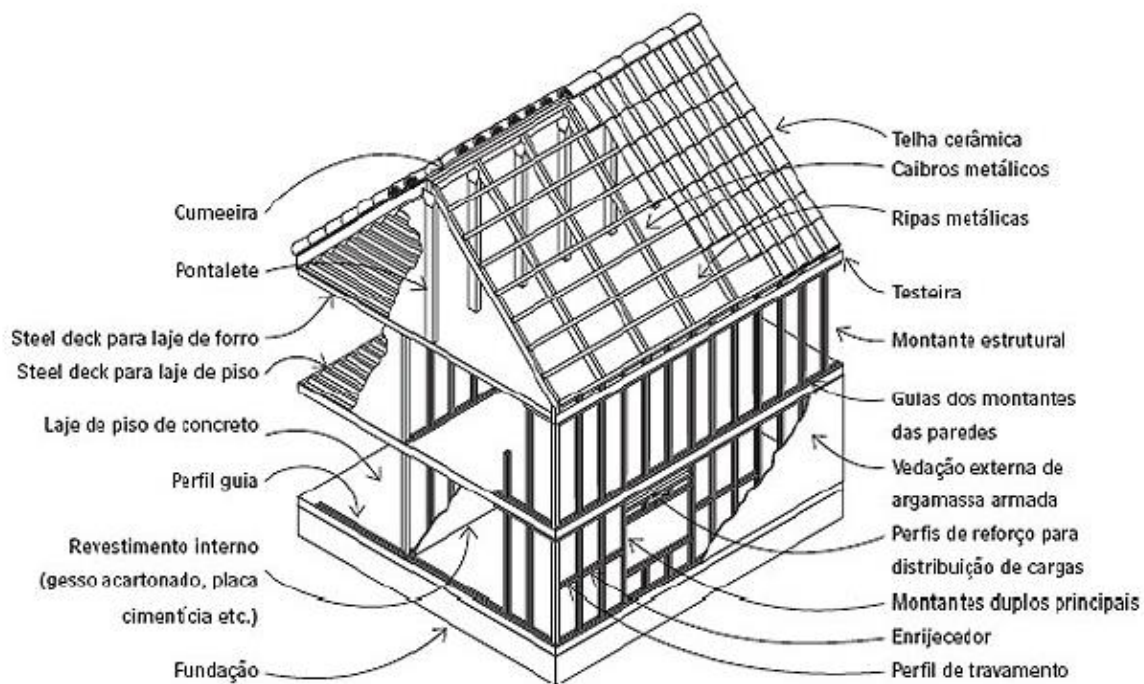


Figura 6 – Exemplo do sistema Steel Frame
 Fonte: Missureli e Massuda, 2009

2.4.2.2 Vantagens e Desvantagens

O método construtivo do sistema *Steel Frame* possui características peculiares que o diferenciam de outros métodos. Dentre elas, as mais lembradas são: rapidez na execução da obra (existe uma redução de cerca de 1/3 dos prazos de construção quando comparado a um método convencional);

2.4.3 Wood Frame

O Sistema construtivo constituído de estrutura de perfis leves de madeira maciça de *pínus spp*, contraventados com chapas estruturais de madeira transformada tipo OSB (Oriented Strand Board), denominado sistema construtivo tipo *wood frame* (SILVA, 2010).



Figura 7 – Exemplo de casa construída no sistema *Wood Frame* – Morretes / PR.
Fonte: O autor, 2017;

2.4.3.1 O sistema construtivo e suas características

As chapas de OSB são constituídas de tiras de madeira reflorestada, orientadas em três camadas cruzadas, perpendiculares entre si. Essas tiras de madeira são unidas com resinas e prensadas. A espessura da placa LP OSB a ser utilizada é determinada conforme espaçamento entre montantes e tipo de revestimento. O mais comum é a utilização de painéis de 11,1 mm nas paredes e telhados e painéis de 18,3 mm para pisos e lajes. A principal função das chapas de OSB é contraventar estruturas de paredes, de construções de até dois pavimentos, e auxiliar na rigidez da estrutura, compondo diafragmas horizontais na laje de piso (SILVA, 2010).

2.4.3.2 Principais vantagens e desvantagens

Os projetos e empreendimentos devem ser pautados pela NBR15575 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de Até Cinco Pavimentos, preocupando-se com as questões de desempenho térmico, em função da zona bioclimática a ser construída a edificação, e as condições de agressividade ambiental do meio. De qualquer forma, os elementos de fixação metálicos, como pregos e chumbadores, devem resistir no mínimo a 120 horas em ensaios acelerados de névoa salina, sem apresentar corrosão do metal base (SILVA, 2010).

2.5 TOMADA DE DECISÃO

A tomada de decisão na escolha do método construtivo, ou mesmo na escolha da tecnologia a ser empregado, é parte fundamental e primordial na etapa de planejamento da obra, sendo tal escolha que dará norte a todas as demais decisões, orçamentos e rumos a serem tomados. Tais decisões devem levar em conta os objetivos e premissas que querem se alcançados ao final do projeto, para isso devem ser respeitados os critérios estabelecidos.

Segundo Campos (2011):

"Decidir ou tomar uma decisão pode interferir negativa ou positivamente num fluxo de rotinas de uma empresa, de um setor ou até mesmo em nossa vida pessoal. Daí a necessidade de se avaliar bem o ato, pois as conseqüências dele vão se refletir no sucesso de nossas escolhas. É preciso analisar, avaliar e utilizar todas as ferramentas disponíveis buscando sempre encontrar a melhor opção, entre simples ou complexas e específicas ou estratégicas, etc. Nesta linha de raciocínio, as conseqüências de uma decisão podem ser imediatas, a curto e longo prazos ou combinar todas as formas apresentadas. Decidir implica o processo de coleta de informações, avaliar a importância destas e buscar alternativas de solução. Diariamente tomamos decisões. A todo momento avaliamos nossos atos baseados nas informações obtidas através de conhecimento prévio, experiência ou coleta de dados. (CAMPOS, 2011, p.12).

Há tempos a construção vem se profissionalizando cada vez mais, e os palpites dão lugar as lições aprendidas, de projetos similares anteriores, trabalhando com dados e números palpáveis.

2.6 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS DE ANÁLISE DE DECISÃO (MMAD)

Esta parte da pesquisa busca trazer uma breve descrição dos principais métodos multicritérios, em inglês: *Multicriteria Decision Making - MCDM*, ou em português: Método Multicritérios de Análise de Decisão - MMAD.

A utilização dos Método Multicritérios de Análise de Decisão busca resolver certos problemas de decisão, através do emprego de modelos matemáticos que dêem peso aos critérios mais relevantes da pesquisa, encontrando uma solução matematicamente mais adequada (CAMPOS, 2011).

O Quadro 1 apresenta os principais métodos multicritérios de tomada decisão, encontrados na literatura, além da classificação de cada método, e suas referências seminais (RODRIGUEZ; COSTA; CARMO, 2013).

Quadro 1: Principais métodos de MMAD.

Método	Classificação	Referências seminais
Electre	Método de superação	ELECTRE I (ROY, 1968); ELECTRE II (ROY; BERTIER, 1971); ELECTRE III (ROY; HUGONNARD, 1981); ELECTRE IV (ROY; HUGONNARD, 1981); ELECTRE IS (ROY; SKALKA, 1985); ELECTRE TRI (YU, 1992; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000)
Promethee	Método de superação	Brans, Mareschal e Vincke (1984) e Brans, Vincke e Mareschal (1986)
Regime	Método de superação	Hinloopen, Nijkamp e Rietveld (1983)
Multiattribute Utility Theory (MAUT)	Teoria da Utilidade Multiatributo	Fishburn (1970) e Keeney e Raiffa (1976)
Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART)	Teoria da Utilidade Multiatributo	Edwards (1977)
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Teoria da Utilidade Multiatributo	Saaty (1977) e Saaty (1980)
Analytic Network Processes (ANP)	Teoria da Utilidade Multiatributo	Saaty (1996)
Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)	Teoria da Utilidade Multiatributo	Bana e Costa e Vansnick (1994)

Fonte: Rodriguez; Costa; Carmo, 2013

2.6.1 AHP

Dentre os métodos multicritérios de apoio à decisão, o modelo AHP, é um dos mais utilizados e pode ser classificado como um método a teoria da utilidade muito atributo. O AHP, Analytic Hierarchy Process, foi desenvolvido por Thomas L. Saaty, buscando promover a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão (VARGAS, 2010).

De acordo com Trentim (2012):

“O AHP fornece um procedimento compreensivo e racional para modelar um problema de decisão, representando e quantificando as variáveis envolvidas em uma hierarquia de critérios ponderados por preferências (pesos). O resultado é um modelo que permite analisar várias alternativas e as comparar rapidamente, por isso conhecido como um método de decisão e para justificar a decisão.”

A figura 8 mostra os elementos básicos da estrutura AHP, é um modelo genérico, e que pode ser utilizado não apenas para alguns critérios e alternativas, mas para n critérios e alternativas, sendo apenas um modelo que demonstra o funcionamento da estrutura AHP.

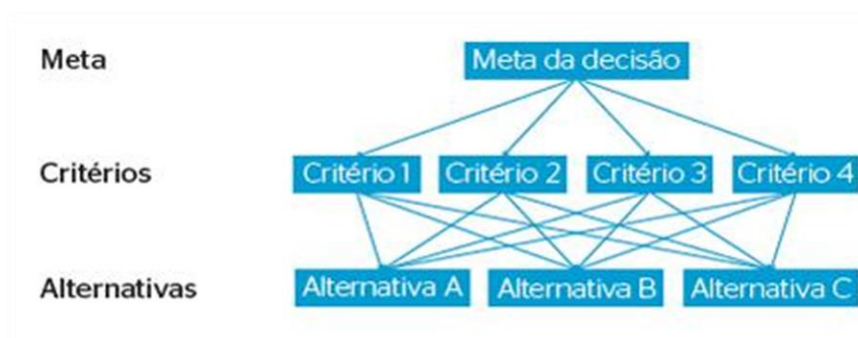


Figura 8: Estrutura Genérica AHP - Analytic Hierarchy Process.

Fonte: Vilas Boas (2005).

Segundo Iañes & Cunha (2006) e Azeredo et al. (2009), o método AHP pode ser dividido nas seguintes etapas:

- i. Estruturar os objetivos, atributos e alternativas em uma hierarquia.
- ii. Obter os dados dos julgamentos comparativos de cada par dos fatores de decisão (atributos, subatributos e alternativas) em um dado nível do grupo. Existindo ainda a necessidade de verificação do nível de consistência dos julgamentos de cada grupo.
- iii. Determinar as prioridades relativas dos pesos dos atributos de decisão, em cada nível ou grupo.
- iv. Consolidar todos os pesos, propagando o efeito dos pesos na estrutura até o nível das alternativas. A recomendação da decisão é dada pela classificação das alternativas de decisão, ordenadas relativamente ao objetivo global.
- v. Estruturar os objetivos, atributos e alternativas em hierarquias;
- vi. Obter os dados do julgamento comparativo de cada par dos fatores de decisão em um determinado nível do grupo, verificando a consistência do julgamento atribuído;
- vii. Determinar as prioridades relativas do peso dos atributos de decisão em cada nível ou grupo;
- viii. Consolidar todos os pesos, propagando o efeito desses pesos na estrutura até o nível das alternativas. A recomendação da decisão é dada pela classificação das alternativas de decisão, ordenadas relativamente ao objetivo global.

Para atribuir valores e priorizar os critérios, utilizamos a escala de relativa importância entre duas alternativas proposta por Saaty, ela é amplamente utilizada, e atribui valores que variam entre 1 a 9. A escala determina a importância relativa de uma alternativa com relação a outra, conforme apresentado na abaixo. (SAATY, 2005)

Tabela 2: Escala de relativa importância de Saaty

ESCALA	AVALIAÇÃO NUMÉRICA	RECÍPROCO
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: SAATY (2005).

2.6.1.1 Principais vantagens e desvantagens

Aspectos Positivos

- i. Simplicidade e Clareza
- ii. Facilidade de Uso
- iii. Integração entre analista e decisor
- iv. Habilidade de manusear com julgamentos inconscientes.
- v. Pequenas modificações em uma hierarquia bem estruturada tem efeitos flexíveis e pouco significativos.

Aspectos Negativos

- vi. Subjetividade na formulação de matriz de preferência
- vii. É muito importante o consenso na priorização dos níveis da hierarquia;
- viii. Os critérios representados devem ser independentes
- ix. Em qualquer processo de interação de grupo, não deve haver idealismo demais, nem forte predisposição para liderança, interagindo nas prioridades.
- x. Requer procedimento para estruturar perguntas e preferências;

Fonte: Vilas Boas (2010).

3. METODOLOGIA

O mercado de trabalho mostra que como Darwin falava, a seleção natural existe, e é algo natural e necessária, aqueles que não se adaptam ao meio, ou morrem, ou são deixados para trás. Mas sendo algo natural, o mercado não é injusto, ele apenas requer adaptação. Uma melhor gestão, melhoria dos processos e melhores práticas podem contribuir com uma maior qualidade. Para isso é preciso buscar a qualidade necessária para atender o mercado, com a qualidade, que a correta gestão proporciona.

Com esse objetivo, de encontrar um procedimento e soluções que se baseassem não só em achismos em análise de decisão. Ao buscar o auxílio de mecanismos e soluções, a análise multicritérios consegue tornar dados e estatísticas, em números práticos que ajudem na tomada de decisão.

3.1 Proposta para um modelo de análise de decisão com base no método AHP.

Com o objetivo de uma avaliação de métodos construtivos, por análise de desempenho, será desenvolvido um modelo de decisão multicritérios, para escolha de métodos construtivos industrializados, baseado no método AHP.

Para isso, foram selecionados critérios de desempenho tendo como referência a NBR 15.575, e o mercado construtivo e econômico brasileiro atual.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Modelo de tomada de decisão

Para o preenchimento da matriz de decisão, antes foram retirados requisitos e critérios adotados, levando em conta a norma de desempenho NBR 15.575: 2013, e outros critérios relevantes para o mercado da construção civil. O sistema de pontuação atribuem notas de 0 a 1, sendo 1 excelente, 0,75 bom, e 0,5 regular. Os critérios adotados foram divididas em três categorias: Desempenho, Econômicos, Sócioambientais. conforme Quadro 2.

Quadro 2: Critérios e avaliação dos sistemas construtivo

Categoria	Critérios	Peso	Paredes de Concreto	Steel Frame	Wood Frame
DESEMPENHO (2)	Segurança contra Incêndio	1	0,75	1,00	0,50
	Desempenho Estrutural	2	0,50	0,75	0,50
	Desempenho Térmico	2	0,50	1,00	1,00
	Desempenho Acústico	1	0,50	1,00	1,00
	Qualidade	2	1,00	1,00	1,00
ECONÔMICOS (1)	Durabilidade	2	0,75	1,00	0,50
	Custo de Implantação	2	0,50	0,25	0,75
	Custo de Manutenção	2	0,75	1,00	0,25
	Modularidade do Sistema	1	0,25	1,00	1,00
	Disponibilidade de fornecedores	2	1,00	0,50	0,75
SÓCIOAMBIENTAIS (1)	Sistema de Gestão Ambiental	1	1,00	0,75	0,75
	Certificações e selos	1	0,75	1,00	0,75
	Sistema de Gestão de Resíduos	2	0,75	1,00	1,00
	Saúde e Segurança do Trabalho	1	0,75	1,00	1,00
	Responsabilidade Social	1	0,75	1,00	1,00

Fonte: Adaptado de FERRES, et al. (2014) e ABNT NBR 15.575: 2013

4.2 Sistema Paredes de Concreto

4.2.1 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação de desempenho do Sistema Paredes de Concreto, e seu respectivo autovetor pesos.

	(D1)	(D2)	(D3)	(D4)	(D5)	(D6)	Wt	Autovetor Pesos
Segurança contra Incêndio (D1)	1	1/3	1/7	1/9	1/3	1/3	0,75	0,2748
Desempenho Estrutural (D2)	3	1	1/9	1/9	1/3	1/3	0,50	0,2667
Desempenho Térmico (D3)	7	9	1	1/3	7	5	0,50	0,2035
Desempenho Acústico (D4)	9	9	3	1	7	5	0,50	0,0000
Qualidade (D5)	3	3	1/7	1/7	1	1/3	1,00	0,2550
Outros critérios de desempenho (D6)	3	3	1/5	1/5	3	1	0,65	0,0000
TOTAL	26	25	4	1	18	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

A matriz de ponderação do Item 4.2.1 apresenta um modelo de Matriz de Prioridades para facilitar a apresentação de como é realizada a comparação entre os itens, a matriz é determinada pelo tomador de decisão.

4.2.2 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação econômicos do Sistema Paredes de Concreto, e seu respectivo autovetor pesos.

	(E1)	(E2)	(E3)	(E4)	(E5)	(E6)	Wt	Autovetor Pesos
Durabilidade (E1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	0,75	0,2682
Custo de Implantação (E2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	0,50	0,2682
Custo de Manutenção (E3)	7	7	1	1/3	7	5	0,75	0,2055
Modularidade do Sistema (E4)	9	9	3	1	9	5	0,25	0,0000
Disponibilidade de fornecedores (E5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	1,00	0,2580
Outros critérios economicos (E6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,65	0,0000
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.2.3 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação sócioambientais do Sistema Paredes de Concreto, e seu respectivo autovetor pesos.

	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)	(S6)	Wt	Autovetor Pesos
Sistema de Gestão Ambiental (S1)	1	1/3	1/5	1/7	1/3	1/3	1,00	0,2823
Certificações e selos (S2)	3	1	1/5	1/7	1	1/3	0,75	0,2566
Sistema de Gestão de Resíduos (S3)	5	5	1	1/3	5	3	0,75	0,2048
Saúde e Segurança do Trabalho (S4)	7	7	3	1	5	7	0,75	0,0000
Responsabilidade Social (S5)	3	1	1/5	1/5	1	1/3	0,75	0,2563
Outros critérios Socioambientais (S6)	3	3	1/3	1/7	3	1	0,80	0,0000
TOTAL	22	17	4	1	15	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.3 Sistema Steel Frame

4.3.1 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação de desempenho do Sistema Steel Frame, e seu respectivo autovetor pesos.

	(D1)	(D2)	(D3)	(D4)	(D5)	(D6)	Wt	Autovetor Pesos
Segurança contra Incêndio (D1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	1,00	0,2700
Desempenho Estrutural (D2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	0,75	0,2700
Desempenho Térmico (D3)	7	7	1	1/3	7	5	1,00	0,2100
Desempenho Acústico (D4)	9	9	3	1	9	5	1,00	0,0000
Qualidade (D5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	1,00	0,2600
Outros critérios de desempenho (D6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,95	0,0000
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.3.2 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação econômicos do Sistema *Steel Frame*, e seu respectivo autovetor pesos.

	(E1)	(E2)	(E3)	(E4)	(E5)	(E6)	Wt	Autovetor Pesos
Durabilidade (E1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	1,00	0,2700
Custo de Implantação (E2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	0,25	0,2700
Custo de Manutenção (E3)	7	7	1	1/3	7	5	1,00	0,2100
Modularidade do Sistema (E4)	9	9	3	1	9	5	1,00	0,0000
Disponibilidade de fornecedores (E5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	0,50	0,2600
Outros critérios economicos (E6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,75	0,0000
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.3.3 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação sócioambientais do Sistema *Steel Frame*, e seu respectivo autovetor pesos.

	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)	(E6)	Wt	Autovetor Pesos
Sistema de Gestão Ambiental (S1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	0,75	0,2700
Certificações e selos (S2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	1,00	0,2700
Sistema de Gestão de Resíduos (S3)	7	7	1	1/3	7	5	1,00	0,2100
Saúde e Segurança do Trabalho (S4)	9	9	3	1	9	5	1,00	0,0000
Responsabilidade Social (S5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	1,00	0,2600
Outros critérios Socioambientais (S6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,95	0,0000
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.4 Wood Frame

4.4.1 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação de desempenho do Sistema *Wood Frame*, e seu respectivo autovetor pesos.

	(D1)	(D2)	(D3)	(D4)	(D5)	(D6)	Wt	Autovetor Pesos
Segurança contra Incêndio (D1)	1	1/3	1/7	1/9	1/3	1/3	0,50	0,0400
Desempenho Estrutural (D2)	3	1	1/9	1/9	1/3	1/3	0,50	0,0300
Desempenho Térmico (D3)	7	9	1	1/3	7	5	1,00	0,3000
Desempenho Acústico (D4)	9	9	3	1	7	5	1,00	0,4500
Qualidade (D5)	3	3	1/7	1/7	1	1/3	1,00	0,0700
Outros critérios de desempenho (D6)	3	3	1/5	1/5	3	1	0,80	0,1100
TOTAL	26	25	4	1	18	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.4.2 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação econômicos do Sistema *Wood Frame*, e seu respectivo autovetor pesos.

	(E1)	(E2)	(E3)	(E4)	(E5)	(E6)	Wt	Autovetor Pesos
Durabilidade (E1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	0,50	0,2100
Custo de Implantação (E2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	0,75	0,0000
Custo de Manutenção (E3)	7	7	1	1/3	7	5	0,25	0,2600
Modularidade do Sistema (E4)	9	9	3	1	9	5	1,00	0,0000
Disponibilidade de fornecedores (E5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	0,75	0,2700
Outros critérios economicos (E6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,65	0,2700
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.4.3 Matriz de ponderação dos critérios de avaliação sócioambientais do Sistema *Wood Frame*, e seu respectivo autovetor pesos.

	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)	(E6)	Wt	Autovetor Pesos
Sistema de Gestão Ambiental (S1)	1	1	1/7	1/9	1/5	1/3	0,75	0,2100
Certificações e selos (S2)	1	1	1/7	1/9	1/3	1/5	0,75	0,0000
Sistema de Gestão de Resíduos (S3)	7	7	1	1/3	7	5	1,00	0,2600
Saúde e Segurança do Trabalho (S4)	9	9	3	1	9	5	1,00	0,0000
Responsabilidade Social (S5)	5	3	1/7	1/9	1	1/3	1,00	0,2700
Outros critérios Socioambientais (S6)	3	5	1/5	1/5	3	1	0,90	0,2700
TOTAL	26	26	4	1	20	11		1,0000

Fonte: elaborada pelo autor.

4.5 Pontuação final na escolha do método construtivo

De modo a se obter a nota final do sistema construtivo, e comparando as suas respectivas notas. Sendo assim, fez-se a ponderação das categorias de critérios, comparando dois a dois, levando em consideração seus pesos e sua relevância, como vemos no Item 4.5.1.

4.5.1 Matriz de ponderação das categorias de critérios de desempenho, econômicos e socioambientais e respectivo vetor pesos.

	Desempenho	Econômicos	Sócio Ambientais	Autovetor Pesos (Z)
Desempenho	1	1/5	3	0,1062
Econômicos	5	1	1/2	0,63
Sociais	1/3	3	1	0,2605

Fonte: elaborada pelo autor.

As notas finais das alternativas são obtidas multiplicando-se a Matriz D, presente no Item 4.5.2, que contém as notas nos três critérios de cada alternativa, pelo vetor pesos acima definido. Como resultado, obtém-se o vetor de decisão x.

4.5.2 Matriz de decisão, vetor pesos e vetor decisão

	Nota Desempenho	Nota Economicos	Nota Sócio Ambientais	Autovetor Pesos (Z)	X
Paredes de Concreto	0,7	0,75	0,82	0,1062	0,24
Steel Frame	0,94	0,68	0,68	0,63	1,46
Wood Frame	0,94	0,94	0,44	0,2605	0,61

Fonte: elaborada pelo autor.

Através do produto entre as notas de cada categoria critérios, e o autovetor pesos Z, obtemos então a Nota final de cada sistema avaliado. Quanto maior a nota, maior a eficiência do sistema construtivo, levando em conta os critérios e prioridades adotados. Sendo que o sistema construtivo com maior nota foi o sistema *Steel Frame*, seguido pelo método *Wood Frame*, e então Paredes de Concreto.

5. CONCLUSÕES

A Engenharia e a Construção Civil, respectivamente, ciência e prática, devem andar lado a lado, uma não consegue coexistir sem a outra. Qualquer estudo, mesmo que estatístico e acadêmico, deve sempre aliar estatísticas reais e que possam ajudar no avanço de ambos. É importante ressaltar que a norma de desempenho (NBR 15.575), sendo esta referência em termos de eficiência, produtividade e desempenho.

De acordo com os critérios adotados, o *Steel Frame* é o melhor método construtivo que existe atualmente no Brasil, levando em conta critérios de desempenho, critérios econômicos e sócioambientais. Esta pesquisa evidenciou a importância da construção civil se tornar uma indústria propriamente dita, com melhores práticas, processos e resultados. Podemos ver a importância do tomador de decisão, critérios de escolha adotados em momentos cruciais, ela é determinante para o sucesso ou fracasso do projeto.

O modelo de decisão apresentado permite avaliar cada característica das escolhas a serem tomadas, como fizemos com os critérios de desempenho, econômicos, econômicos e socioambientais para avaliar métodos construtivos, ou mesmo outros critérios e situações complexas, permitindo que se faça a escolha ótima, e que leve em conta todos os critérios envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNA, Paulo Julio Valentino. *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. Editora Perspectiva, 1976.

CAMPOS, Maria Betânia Aparecida. *Métodos multicritérios que envolvem a tomada de decisão*, 2011.

CORSINI, Rodnei. *Normas e legislação: Paredes normatizadas*. Revista Técnica, São Paulo, ano 20, n. 183, jun. 2012.

CZEKSTER, Ricardo M.; UNISC, Gabriela Kessler; KIPPER, Liane M. *Decisor: uma ferramenta de software para modelar decisões complexas com AHP*. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2016.

DE LIMA, José Dantas et al. *Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região sul do Brasil*. Eng Sanit Ambient, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2014.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. *A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico*. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

FARIA, R.; *Industrialização econômica: Sistemas construtivos industrializados ganham força com expansão do segmento residencial econômico*. Revista Técnica, São Paulo, ano 16, n. 136, ago. 2008.

FERRES, S. C.; DIAS, B. Z.; BISSOLIDALVI, M.; ALVAREZ, C. E. *Análise dos materiais de edificações para ilhas oceânicas alicerçada em conceitos sustentáveis*. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, Brazil, 2014.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. New York: Springer, 2005. 1004 p. (International Series in Operations Research & Management Science).

FRANCO, L. S. *Paredes maciças de concreto*. Material didático. Salvador: Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. 2010.

IAÑEZ, Maurício Mengai; CUNHA, Claudio Barbieri da. *Uma metodologia para a seleção de um provedor de serviços logísticos*. Revista Produção, São Paulo, v. 16, p. 394-412, 2006.

IBGE, *Brasil X PIB Construção Civil (Variação %) - 2001 à 2015*. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais, 2015

JOHN, Vanderley Moacyr; SILVA, VG da; AGOPYAN, Vahan. *Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro*. Encontro Nacional, v. 2, p. 91-98, 2001.

Jornal O Sul. Caderno de Economia: Empresa líder no fornecimento de formas para concreto e escoramentos metálicos abre filial na Colômbia, Edição 5097, 16 de agosto, 2015.

LEOPOLDO, João Victor Charles. Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade. Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015.

LOURENÇON, A. C.; Debate: Conheça as características do steel framing, sistema que garante obra rápida com mínima geração de resíduos. Revista aU, São Paulo, ano 26, n. 210, set. 2011.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. *O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso*. XLI SBPO, v. 1, 2009.

MILLER, Donald L. *City of the century: the epic of Chicago and the making of America*. Simon and Schuster, 1997.

MISSURELLI, H.; MASSUDA, C. Como construir Paredes de Concreto. Revista Técnica, São Paulo, ano 17, n. 147, p. 74-80, jun. 2009.

OLIVEIRA, D. M.; OLDAKOSKI, G. A.; *Execução de paredes de concreto moldadas no local*. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto, Natal, 2014.

_____. NBR 6023: Informação e documentação - Referências - Elaboração, Rio de Janeiro, 2002;

_____. NBR 14724: Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação, Rio de Janeiro, 2011;

_____. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho, Rio de Janeiro, 2013;

_____. NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, Rio de Janeiro, 2012;

RODRIGUEZ, Dey Salvador Sanchez; COSTA, Helder Gomes; CARMO, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do. *Multicriteria decision aid methods applied to PPC problems: a mapping of papers published in Brazilian journals*. Gest. Prod, São Carlos, v. 20, n. 1, mar. 2013.

ROSA, Wilhelm. *Arquitetura industrializada: a evolução de um sonho à modularidade*. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SAATY, T. L. *Decision making with the analytic hierarchy process*. International journal of services sciences, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process – planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGrawHill, 1980.

SILVA, F. B.; *Sistemas Construtivos: Wood frame - construções com perfis e chapas de madeira*. Revista Técnica, São Paulo, ano 18, n. 161, ago. 2010.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. *Steel frame – Estrutura*. Revista Técnica, São Paulo, ano 16, n. 137, jun. 2008.

TOCA, cristina et al. Análise do ciclo de vida em edificações, uma perspectiva do balanço energético. UFBA, SIBRAGEC, 2013.

TRENTIM, M. Tomada de decisão em projetos–método AHP. Blog Mundo Project Management, 2012. Disponível em <<http://blog.mundopm.com.br/2012/05/02/tomada-de-decisao-em-projetos-%E2%80%93-metodo-ahp/>> Acesso em 28 mar. 2017.

VARGAS, Ricardo Viana; IPMA-B, P. M. P. *Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio*. In: PMI Global Congress. 2010. p. 31.

VILAS BOAS, C. L. D. *Análise da aplicação de métodos multicritérios de decisão na gestão de recursos hídricos*. Proc. XVI Simpósio de Recursos Hídricos, João Pessoa, Brazil, 2005.