

**Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 3

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleveson Flor da Rosa, Franciele Bonatto, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-193-0
DOI 10.22533/at.ed.930191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Rosa, Cleveson Flor da. II. Bonatto, Franciele. III. Dallamuta, João.
IV. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta obra é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Esta obra temos aspectos de gestão aplicada, em análises econômicas, de ambiente de negócios, análise de confiabilidade, mapeamento de processos e qualidade. Também são abordadas pesquisas nas áreas de construção e urbanismo. Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE REGULATÓRIO E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL	
<i>João Sílvio Semolini Olim</i>	
<i>Johnson Herlich Roslee Mensah</i>	
<i>Jamil Haddad</i>	
<i>Roberto Akira Yamachita</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915031	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DO MAPA DO FLUXO DE VALOR EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	
<i>Carla Monique Rocha dos Santos</i>	
<i>Adelma Costa Cordeiro</i>	
<i>Cinara Gomes dos Santos</i>	
<i>Iggor Lincolln Barbosa da Silva</i>	
<i>Juliana Cristina de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915032	
CAPÍTULO 3	23
ANÁLISE ECONÔMICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM CAMPOS MADUROS NA REGIÃO DA BACIA POTIGUAR UTILIZANDO UM MODELO BIDIMENSIONAL	
<i>Talles André Moraes Albuquerque</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Keila Regina Santana Fagundes</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915033	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO	
<i>Jeanderson de Souza Mançú</i>	
<i>Luiz Eduardo Marques Bastos</i>	
<i>Raymundo Jorge de Sousa Mançú</i>	
<i>Graciele Cardoso Mançú</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915034	
CAPÍTULO 5	48
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) COMO MÉTODO DE CONTROLE DA QUALIDADE PARA A SECAGEM DE CAFÉ	
<i>Uilla Fava Pimentel</i>	
<i>Gildeir Lima Rabello</i>	
<i>Willian Melo Poubel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915035	
CAPÍTULO 6	55
LEVANTAMENTO COMPARATIVO SERGIPE VS BRASIL DO CONSUMO, COMERCIALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL AO LONGO DE 10 ANOS	
<i>Rai Melo de Oliveira</i>	
<i>Thereza Helena Azevedo Silva</i>	

Marcela de Araújo Hardman Côrtes

DOI 10.22533/at.ed.9301915036

CAPÍTULO 7 63

REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

Renan Pires de Araújo

Adrião Duarte Dória Neto

Andrés Ortiz Salazar

DOI 10.22533/at.ed.9301915037

CAPÍTULO 8 70

BIOPROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANUFATURA DE BIODIESEL

Débora da Silva Vilar

Milson dos Santos Barbosa

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Aline Resende Dória

Lays Ismerim Oliveira

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.9301915038

CAPÍTULO 9 85

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Arthur Felipe Echs Lucena

Luci Mercedes De Mori

DOI 10.22533/at.ed.9301915039

CAPÍTULO 10 102

SEGURANÇA DO TRABALHADO EM CAMPOS PETROLÍFEROS ONSHORE DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS: PERCEPÇÕES SOBRE TERCEIRIZAÇÃO, ACIDENTES OMITIDOS E PROCEDIMENTOS ADEQUADOS

Milson dos Santos Barbosa

Débora da Silva Vilar

Aline Resende Dória

Adyson Barboza Santos

Elayne Emilia Santos Souza

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.93019150310

CAPÍTULO 11 113

A INFLUÊNCIA DA ERGONOMIA EM MELHORIAS PRODUTIVAS UTILIZANDO A EQUAÇÃO NIOSH

Emerson da Silva Moreira

Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes

DOI 10.22533/at.ed.93019150311

CAPÍTULO 12 131

SIMULAÇÃO DA ONDA COMPRESSIONAL APLICADO EM MODELOS DIGITAIS DE ROCHAS

Gracimário Bezerra da Silva

José Agnelo Soares

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

DOI 10.22533/at.ed.93019150312

CAPÍTULO 13 142

MULTIÁREAS DA ENGENHARIA ELÉTRICA COMO CONTEÚDOS COMPLEMENTARES APLICADOS À REDE PÚBLICA DE ENSINO

Hélvio Rubens Reis de Albuquerque
Raimundo Carlos Silvério Freire

DOI 10.22533/at.ed.93019150313

CAPÍTULO 14 157

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA INVESTIGAÇÃO DE HIDRODEMOLIÇÃO EM AMBIENTES PRESSURIZADOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Anderson Moacir Pains
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150314

CAPÍTULO 15 164

DELTA NOB

Andressa Regina Navas
Leticia Tieppo
Renan Ataide
Guilherme Legramandi
Ludmilla Sandim Tidei de Lima Pauleto
André Chaves

DOI 10.22533/at.ed.93019150315

CAPÍTULO 16 171

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE AFERIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES REDUZIDAS

João Miguel Santos Dias
Florêncio Mendes Oliveira Filho
Alberto Ygor Ferreira de Araújo
Sandro Fábio César
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.93019150316

CAPÍTULO 17 180

NOVA TÉCNICA DE ESCAVAÇÕES DE MICROTÚNEIS: ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS NO MACIÇO DE SOLO UTILIZANDO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Wagner de Sousa Santos
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150317

CAPÍTULO 18 201

UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

Gabrieli Vieira Szura
Andressa Zanelatto Venazzi
Adernanda Paula dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93019150318

CAPÍTULO 19 215

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM ÁGUAS PROFUNDAS

Geovanna Cruz Fernandes

Douglas Bitencourt Vidal

Carla Salvador

DOI 10.22533/at.ed.93019150319

CAPÍTULO 20 224

A EXPLORAÇÃO DAS AREIAS BETUMINOSAS DO CANADÁ: UM EXEMPLO DE RESERVATÓRIO NÃO CONVENCIONAL

Paulo Sérgio Lins da Silva Filho

Fabiano dos Santos Brião

DOI 10.22533/at.ed.93019150320

SOBRE OSA ORGANIZADORES 233

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Arthur Felipe Echs Lucena

Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Londrina – PR

Luci Mercedes De Mori

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá – PR

RESUMO: A construção civil é um segmento que contribui substancialmente para o desenvolvimento da sociedade. Assim, é imprescindível disseminar novos instrumentos que auxiliem no desenvolvimento do setor. Nesse sentido, destaca-se a filosofia de gestão conhecida como *Lean Construction*, assim como os respectivos métodos criados para mensurar sua presença nas empresas construtoras. Com o objetivo de hierarquizar esses métodos em relação a sua eficiência em mensurar a presença da filosofia *Lean* nos canteiros de obras, o presente estudo utilizou o processo de tomada de decisão multicritério conhecido como *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Dessa forma, inicialmente, elegeram-se e se ponderaram diversos critérios auxiliares à análise a ser realizada. Em seguida, pontuou-se o desempenho de cada método em relação a cada critério. Com base na avaliação realizada, obteve-se o desempenho final de

cada método, o que possibilitou hierarquizá-los. Positivamente, o destaque se deu aos métodos de Pereira (2012) e Carvalho (2008), devido à grande relevância de seus resultados. Contudo, concluiu-se que não existe, todavia, um método que seja considerado inequívoco em realizar a mensuração pretendida, de modo que todos necessitam da presença de um pesquisador especializado no assunto para julgar a coerência dos resultados obtidos e sua utilidade para a empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil. Gestão de obras. Canteiro de obras.

ABSTRACT: Civil construction is a segment that substantially contributes to society development. Thus, disseminating new instruments that can help in this development is essential. In this context, the management philosophy known as *Lean Construction* stands out, as well as the methods created to measure its presence in the construction companies. In order to rank these methods in relation to their efficiency in measuring the presence of the *Lean* philosophy in construction sites, the present study used the multicriteria decision-making process known as *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Initially, several criteria were elected and weighted to aid the intended analysis. Then, the performance of each method was scored for each criteria. Based on this evaluation, the final performance

of each method was obtained, so it was possible to rank them. Positively, the highlight was the methods of Pereira (2012) and Carvalho (2008), due to the great relevance of their results. However, it was concluded that there is not a method that is considered unequivocal in performing the intended measurement, so all of them require the presence of a specialized researcher to judge the consistency of the results and their usefulness to the company.

KEYWORDS: Civil construction. Construction management. Construction sites.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil é um segmento que contribui substancialmente para o desenvolvimento da sociedade. No caso do Brasil, as 128 mil empresas ativas do setor empregam mais de 6800 milhares de trabalhadores e movimentam anualmente cerca de 400 bilhões de reais devido às suas atividades (IBGE, 2015; CBIC, 2017). Nesse cenário, observa-se o grande impacto que melhorias desenvolvidas nos processos produtivos podem causar. Em consequência disso, geram-se grandes discussões a respeito de como otimizar a produção na construção civil, principalmente por meio da mitigação dos diversos desperdícios constatados diariamente nos canteiros de obras.

Com vistas a reduzir a incidência de tais problemáticas, de modo a “construir com a metade dos recursos, na metade do tempo, sem desperdícios e com o dobro da satisfação dos clientes, operários e empresários” (HEINECK et al., 2009, p.10), ganha destaque a filosofia de gestão denominada *Lean Construction* ou Construção Enxuta. Entretanto, apesar de seu grande potencial para aperfeiçoamento dos processos produtivos na construção civil, a filosofia *Lean* enfrenta muitos desafios que impedem sua implementação (JUSTA, 2014). Sobre o tema, Machado e Heineck (2015) destacam que ainda existe muito ceticismo quanto a eficiência da filosofia em melhorar a percepção do cliente em relação ao produto final da obra.

Para combater tal ceticismo, surgiram, na última década, diversos métodos para mensurar o grau de aplicação da Construção Enxuta em empresas construtoras. Dessa forma, tem-se condições de estabelecer comparações entre o desempenho alcançado por diversas empresas construtoras (CARVALHO, 2008), e assim observar as reais contribuições da aplicação da filosofia aos processos produtivos do setor. Todavia, não há um método de mensuração da filosofia *Lean* que seja considerado unanimidade no meio científico. Nesse contexto, observa-se a relevância do presente estudo, visto que busca hierarquizar os principais métodos de mensuração disponíveis na literatura em relação às suas eficiências. Deste modo, contribui-se para que as futuras mensurações do grau de aplicação da Construção Enxuta em empresas construtoras sejam realizadas com o auxílio das ferramentas adequadas, gerando resultados mais assertivos e representativos da realidade da empresa.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A filosofia *Lean Construction* deriva de uma corrente teórica surgida nos anos 1950 conhecida como Sistema Toyota de Produção, devido a sua ampla aplicação na empresa homônima (KOSKELA, 1992). Na construção civil, ganhou notoriedade em 1992, a partir da publicação de Koskela (1992) que propôs onze princípios a serem seguidos pelas empresas construtoras a fim de implantarem a Construção Enxuta em suas obras. Baseados nesses e em outros princípios similares, diversos autores propuseram ferramentas de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta nas empresas construtoras. Nesse contexto, destacam-se os métodos de Hofacker et al. (2008), Carvalho (2008), Pereira (2012), Kurek et al. (2013), Tonin e Schaefer (2013) e Souza e Cabette (2014).

Para tomar decisões que envolvem múltiplos critérios de análise (como, por exemplo, definir qual é o método de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta mais eficiente) uma interessante alternativa é utilizar o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Trata-se de um processo lógico de análise de alternativas desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1970, quando a abordagem a problemas complexos por meio da perspectiva multicritério estava se iniciando no meio científico (PASSOS, 2010).

2.1 A Filosofia *Lean Construction* e Seus Métodos de Mensuração

A filosofia *Lean Construction* emergiu no meio científico como uma alternativa ao modelo de gestão da produção tradicionalmente utilizado pelas empresas. Esse modelo tradicional entende um processo produtivo como um conjunto de ações necessárias para transformar uma matéria-prima em um produto de interesse. Entretanto, na perspectiva da filosofia *Lean*, essa análise é equivocada, pois ignora o fato de que, além das atividades de conversão (transformações, propriamente ditas), a matéria-prima também passa por diversas atividades de fluxo, como transporte, inspeção e espera ao longo do processo produtivo (KOSKELA, 1992).

Essa mudança de percepção traz grandes resultados à análise e consequente otimização da produção. Ao negligenciar a existência dos fluxos, o modelo tradicional de produção tende a melhorar somente a eficiência das conversões, ignorando completamente os impactos (muitas vezes negativos) que tais alterações causam nas atividades de fluxo. Consequentemente, gera-se muita ociosidade, além de dificuldade na visualização global do processo e na percepção do impacto que cada atividade gera na outra. Desse modo, ao reconhecer a existência das atividades de fluxo, também se percebe que elas devem ser reduzidas a fim de que o processo produtivo se torne mais eficiente. Ademais, uma vez que ambas as atividades possuem custo e tempo para serem realizadas, mas apenas as atividades de conversão agregam valor ao produto final, conclui-se que são as atividades de fluxo que devem ser primordialmente eliminadas ou reduzidas para a melhoria global do processo (KOSKELA, 1992; OLIVEIRA et al., 2010).

Contudo, há grande ceticismo a respeito dos reais resultados da implantação da filosofia *Lean*, além de grande dificuldade por parte das empresas construtoras em introduzi-la em seus canteiros de obra. Por conta disso, desenvolveram-se, nos últimos anos, diversas ferramentas de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta. A primeira ferramenta a ganhar notoriedade no meio científico foi o *Rapid Lean Construction-quality Rating Model* (LCR), desenvolvida em 2008. O LCR deve ser aplicado por dois pesquisadores com amplo conhecimento sobre a filosofia *Lean Construction*. Após a coleta de informações sobre a empresa por meio de uma visita *in loco* ao canteiro de obras e diálogo com os gestores da corporação, os pesquisadores devem responder a uma ficha avaliativa composta por trinta questões, distribuídas entre seis categorias: foco no cliente; desperdícios; qualidade; fluxo de materiais e produção puxada; organização, planejamento e fluxo de informações; e melhorias contínuas. Em cada questão, avalia-se o desempenho da empresa por meio da atribuição de uma nota que varia entre 0 e 6, sendo que 6 representa o melhor desempenho possível (HOFACKER et al., 2008).

Após o preenchimento da ficha avaliativa, calculam-se os percentuais de desempenho da empresa em cada categoria, dados pela relação entre o total de pontos alcançados pela corporação e o total de pontos possíveis de serem atingidos. Em seguida, esses resultados são apresentados na forma gráfica (HOFACKER et al., 2008). Esses autores utilizam o gráfico de colunas para essa análise; já Oliveira et al. (2010) apresentam o gráfico na forma ‘radar’, em que cada vértice do polígono gerado no gráfico corresponde a uma das seis categorias propostas pelos autores.

Os resultados também são analisados de forma conjunta por meio de um índice percentual que relaciona todos os tópicos avaliados na pesquisa. Para tanto, calcula-se a relação entre o total de pontos atribuído pelos avaliadores e o total possível de pontos em todas as categorias. Esse índice é comparado a uma escala desenvolvida pelos autores que fornece, qualitativamente, o desempenho alcançado na avaliação (HOFACKER et al., 2008).

Carvalho (2008) sugeriu um procedimento bastante distinto para realizar a mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta nos canteiros de obra. Em seu método, o autor propõe que sejam entrevistadas pessoas responsáveis por diferentes setores associados à empresa, a saber: diretoria, engenharia, operários, fornecedores, projetistas e clientes. Deste modo, de acordo com o autor, tem-se condições de retratar o fluxo de trabalho da empresa observado sob várias perspectivas diferentes.

A entrevista consiste no preenchimento de um formulário de 204 questões divididas em seis partes (cada parte referente a um setor entrevistado), sendo que em cada questão o entrevistado deve classificar o desempenho da empresa em uma escala que varia de 0 a 3, em que 0 representa ausência ou grande inconsistência na implementação daquela prática na empresa. Tal qual no método LCR, o entrevistador deve possuir amplo conhecimento sobre a filosofia *Lean*, de modo que possa solucionar possíveis dúvidas que possam surgir em relação ao que é questionado (CARVALHO,

2008).

Com base nas respostas fornecidas pelos entrevistados, calculam-se as médias aritméticas das notas dadas pelos entrevistados, sendo tais médias determinadas por categoria e por setor de entrevistados. Posteriormente, calcula-se uma média aritmética global, tendo-se em conta as respostas de todos os entrevistados em todas as categorias avaliadas. Considerando-se o máximo valor que cada média pode atingir, as médias anteriores são convertidas em percentuais de desempenho. Com base nestes, a empresa pode observar em qual perfil ela se enquadra, conforme classificação sugerida pelo autor (CARVALHO, 2008). Os resultados também podem ser exibidos de maneira gráfica, sendo que o autor sugere a utilização de gráficos do tipo 'radar'.

Em seu método, Pereira (2012) propôs uma nova maneira de responder à ficha avaliativa. Diferentemente de seus antecessores, que utilizavam escalas de pontuação, a autora adotou o uso de 40 questões de múltipla escolha. Deste modo, as alternativas de cada questão, pré-definidas, representam pesos em uma escala que varia de 1 a 3. Para cada resposta, identifica-se o percentual de pessoas que a selecionou, e se multiplica pelo peso que foi determinado. Uma média aritmética é calculada entre esses valores, obtendo, como resultado, o desempenho da empresa naquela pergunta. Após a análise individual das respostas das perguntas, uma nova média aritmética é calculada com base nos resultados finais das questões relacionadas a cada princípio, obtendo-se o desempenho da empresa em cada princípio. Finalmente, faz-se uma nova média aritmética entre a pontuação atribuída a cada princípio, obtendo-se, assim, um índice único que simboliza o grau de aplicação da filosofia *Lean* na empresa (PEREIRA, 2012).

Kurek et al. (2013) e Tonin e Schaefer (2013) adotaram outro modo de preenchimento das fichas avaliativas de seus respectivos métodos. Em cada questão, deve ser assinalada uma das seguintes opções: 'sim', 'não' ou 'não se aplica'. O resultado é então calculado pela relação entre o número de respostas positivas fornecidas e o número de respostas positivas possíveis. Adicionalmente, em sua ferramenta, Tonin e Schaefer (2013) permitem a comparação de tal resultado com uma escala de valoração desenvolvida pelos próprios autores, de modo que se obtém uma avaliação qualitativa do desempenho da empresa.

Por fim, um dos métodos mais recentes foi desenvolvido por Souza e Cabette (2014). Os autores utilizaram um questionário com 27 questões, corroborado por informações obtidas em diálogos e entrevistas informais, além de visitas técnicas ao canteiro de obras. As questões são dissertativas, e devem ser respondidas após o início do processo de introdução da filosofia *Lean* na empresa, com vistas a verificar as consequências da implementação da filosofia e os ganhos alcançados pela empresa (SOUZA; CABETTE, 2014).

2.2 O Analytic Hierarchy Process

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método de avaliação hierárquica de atributos que tem sido aplicado em diversas áreas, em virtude de seu benefício de possibilitar que análises qualitativas, com alto grau de subjetividade, sejam discriminadas através de características numéricas (BEN, 2006). Sinteticamente, o AHP aborda um problema decisório complexo de modo que este é subdividido em problemas menores, que são abordados individualmente para depois serem agregados e constituírem a solução final do problema maior (PASSOS, 2010). Nesse sentido, pode-se estabelecer uma estrutura hierárquica de complexidade entre os elementos que compõem a problemática em questão, denominada *Árvore de Critérios*, conforme exposto na Figura 1.

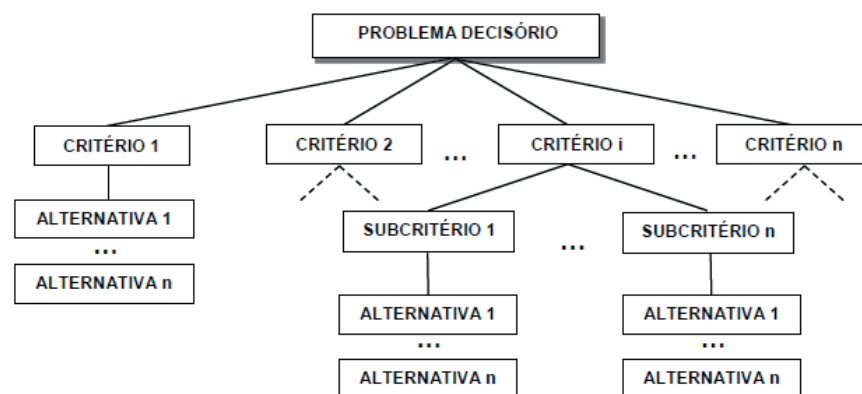


Figura 1 – Árvore de Critérios do AHP

Fonte: Passos (2010, p. 40)

A respeito de cada componente da Figura 1, Wolff (2008) expõe:

- problema decisório: refere-se à decisão que se pretende tomar. Devido ao seu alto grau de complexidade, é representado no nível mais geral da decisão;
- critérios: são fatores que exercem influência no problema decisório com diferentes níveis de relevância. São definidos pelos tomadores de decisão;
- alternativas: são as ações possíveis de serem adotadas para solucionar o problema decisório. Ao final da aplicação do AHP, o resultado será a hierarquização dessas alternativas, tendo em vista a obtenção da solução do problema decisório.

Para aplicar a ferramenta AHP em uma problemática, após definir a estrutura hierárquica que compõe a situação, a primeira etapa a ser realizada é determinar quem serão os tomadores de decisão (ou decisores) (PASSOS, 2010). De acordo com Peinado et al. (2016), o número de decisores selecionados, bem como suas qualificações, devem ser determinados de modo a garantir que os resultados tenham maior credibilidade, variando, assim, de acordo com o objeto de pesquisa.

O passo seguinte é a atribuição de valores relativos para os critérios, de

modo a definir o quanto um critério é mais importante que outro dentro de toda a abordagem (PASSOS, 2010). Para isso, segundo Wolff (2008), os decisores usam suas experiências na área e sua intuição para realizar comparações paritárias entre os 'n' elementos pertencentes ao nível 'critérios' da estrutura hierárquica, tomando como referência o elemento do nível imediatamente acima, isto é, o problema decisório. Deste modo, constrói-se uma Matriz de Julgamento, conforme exposto na Tabela 1.

Critérios	Crit. 1	...	Crit. p	...	Crit. m
Crit. 1	1	...	a_{1p}		a_{1m}
...
Crit. p	a_{p1}	...	1		a_{pm}
...
Crit. m	a_{m1}	...	a_{mp}		1

Tabela 1 – Matriz de Julgamento do método AHP

Fonte: Passos (2010, p. 42)

Para realizar as comparações paritárias entre os elementos, utiliza-se a Escala Fundamental de Saaty, que possui valores que variam de 1 até 9 (PASSOS, 2010), conforme apresentado no Quadro 1.

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Mesma importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
4	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Quadro 1 – Escala Fundamental de Saaty

Fonte: Passos (2010, p. 43)

Contudo, Peinado et al. (2016) alertam que, ao realizar as comparações paritárias com essa escala, deve se ter em conta o princípio de reciprocidade. A título de exemplo, pode-se inferir que “se o Critério 1 é considerado três vezes mais importante que o Critério 4 (utilizando o nível de intensidade ‘3’), o Critério 4 deverá ser três vezes menos importante que o Critério 1 (adotado, portanto, o nível de intensidade ‘1/3’)” (PEINADO et al., 2016, p. 12).

Após o preenchimento da Matriz de Julgamento, o passo seguinte é a obtenção do vetor de pesos associado a essa matriz, que indicará a importância relativa de cada critério quando comparado aos outros. *A priori*, de acordo com a norma ASTM E1765:2011 que regulamenta a aplicação do método AHP, a dedução desse vetor de pesos é um problema que envolve os autovalores e autovetores das matrizes analisadas,

sendo, portanto, a sua obtenção de grande dificuldade e complexidade matemática. No entanto, existem alguns métodos para obter aproximações com precisão satisfatória para esses valores. Uma das possibilidades de cálculo é iniciar pela determinação da média de cada linha da matriz (PASSOS, 2010). Há, contudo, discussões no meio científico sobre qual tipo de média utilizar nesse processo: Passos (2010) e Peinado et al. (2016) utilizam a média aritmética nesse cálculo; já Triantaphyllou e Mann (1995) optam por utilizar a média geométrica.

Em seguida, toma-se o vetor resultante do passo anterior e se faz a sua normalização, dividindo-se o valor de cada componente pela soma de todos os elementos do vetor. Obtém-se, assim, o vetor final de pesos, em que cada elemento é o valor do peso de um dos critérios analisados (PASSOS, 2010).

É necessário, no entanto, verificar a existência de inconsistências devido a erros no julgamento de valor por parte dos decisores. De acordo com Passos (2010, p. 47), podem ocorrer dois tipos de inconsistências:

Dados três critérios A, B, C, para que não haja inconsistência, deve ocorrer que se A é preferível a B e B é preferível a C, então A deve ser preferível a C. Outro problema que ocorre está relacionado com a intensidade com a qual um critério é preferível em relação a outro. Geralmente, ocorre que $a_{pq} \neq a_{pv} \cdot a_{vq}$, onde 'a_{ij}' são elementos da matriz de comparações paritárias, 'p' e 'q' representam linha e colunas quaisquer, 'v' é um critério intermediário e 'a_{ij}' determina o quanto um critério 'i' é preferível ao critério 'j'.

Assim, para identificar a presença de inconsistências, Peinado et al. (2016) orientam que a Matriz de Julgamento em análise deve ser multiplicada pelo vetor final de pesos, obtendo-se um novo vetor de pesos. Em seguida, calcula-se o autovalor máximo ' $\lambda_{m\acute{a}x}$ ', dado pelo somatório de todos os valores que compõem o novo vetor de pesos. Segundo Passos (2010), a inconsistência pode ser indiretamente verificada através do desvio de ' $\lambda_{m\acute{a}x}$ ' em relação à ordem da Matriz de Julgamentos, 'n'. Deste modo, determina-se um Índice de Consistência do julgamento, 'IC', por meio da Equação 1.

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

- ' $\lambda_{m\acute{a}x}$ ' é o autovalor máximo;
- 'IC' é o índice de consistência do julgamento realizado;
- 'n' é a ordem da Matriz de Julgamento.

Comparando-se o valor de 'IC' a uma situação em que os julgamentos da matriz fossem feitos de forma totalmente randômica, é possível se observar, enfim, o grau de inconsistência do julgamento realizado. Para isso, utilizam-se os Índices Randômicos, 'IR', conforme exposto na Tabela 2.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

Tabela 2 – Índices Randômicos ‘IR’ em função da ordem ‘n’ da Matriz de Julgamento

Fonte: Adaptado de Saaty (2008 apud PEINADO et al., 2016, p. 15)

Calcula-se, em seguida, a Razão de Consistência da matriz, ‘RC’, dada pela razão entre ‘IC’ e ‘IR’. De acordo com Passos (2010), essa razão expressa o percentual de vezes em que as respostas dadas na Matriz de Julgamento foram aleatórias. Assim, para que seja considerada consistente, o autor sugere a utilização de valores de ‘RC’ inferiores a 0,05 no caso de matrizes de ordem 3; inferiores a 0,08 para matrizes de ordem 4; e valores inferiores a 0,1 para as demais matrizes.

No caso de se utilizar vários decisores para julgamento dos critérios estabelecidos, tem-se como resultado vários vetores finais de pesos (um para cada decisor). A fim de se levar em consideração todos esses julgamentos simultaneamente, Passos (2010) orienta que se efetue a média geométrica de cada elemento dos vetores de peso. Rabbani e Rabbani (1996 apud WOLFF, 2008, p. 23) destacam que, nessa situação, a única média que funciona é a média geométrica, uma vez que o recíproco da média geométrica em um conjunto de julgamentos é a média geométrica dos recíprocos, obedecendo ao princípio de reciprocidade da Escala Fundamental de Saaty.

Após definir os pesos de cada critério, a próxima etapa é avaliar as alternativas em relação aos critérios. Para isso, uma das possibilidades, de acordo com Passos (2010), é realizar um processo muito semelhante ao que foi feito para pontuar os critérios. Assim, segundo Passos (2010, p. 45):

As diversas alternativas disponíveis são analisadas sob a visão de cada critério individualmente. Assim, para um critério ‘i’ genérico todas as alternativas [...] são comparadas duas a duas com a Escala Fundamental de Saaty. Esses julgamentos são consolidados em uma matriz de comparações paritárias. De forma análoga à seção anterior é definido um vetor de pesos para essa matriz. Esse vetor de pesos indica o quanto uma alternativa é boa quando comparada às outras sob a visão do critério ‘i’.

Wolff (2008) destaca que, na análise dos critérios, a comparação era feita somente uma vez, haja vista que só havia um elemento no nível imediatamente superior na Árvore de Critérios. Já na etapa de avaliação das alternativas, estas são comparadas entre si ‘n’ vezes, por haver ‘n’ critérios a serem analisados.

Finalmente, após definidos os vetores de pesos dos critérios e o vetor de pontuação das alternativas com base em julgamentos consistentes, o passo final é agregar esses valores para obtenção do resultado final (PASSOS, 2010). De acordo com o autor, isso pode ser feito por meio da Equação 2. Deste modo, quanto maior é o valor de ‘f’ calculado para a alternativa, melhor ela será considerada para a resolução do problema decisório em análise.

$$f(a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot v_j(a) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

- 'w_j' é o peso do 'j-ésimo' critério;
- 'v_j' é o desempenho da alternativa 'a' com relação ao 'j-ésimo' critério;
- 'f (a)' é o resultado final da alternativa 'a'.

3 | MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa tem como objetos de estudo os métodos de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta em empresas construtoras desenvolvidos por Hofacker et al. (2008), Carvalho (2008), Pereira (2012), Kurek et al. (2013), Tonin e Schaefer (2013) e Souza e Cabette (2014).

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica a respeito de tais métodos, de modo a coletar informações sobre seus respectivos funcionamentos e aplicações anteriores em canteiros de obras. O levantamento bibliográfico foi realizado com o auxílio das plataformas digitais Google Acadêmico, Periódicos da CAPES e Scielo, de modo que foram consultados artigos, livros, teses, dissertações e monografias sobre a temática, publicados em português, inglês ou espanhol.

Para hierarquizar os métodos de mensuração em análise de acordo com a sua eficiência, utilizou-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O processo de hierarquização foi realizado sob a luz de cinco critérios de avaliação, conforme detalhado no Quadro 2.

Critério	Significado/importância	Pergunta-chave
Consistência Lógica	Avaliar se o método apresenta procedimentos coerentes, capazes de mensurar assertivamente a realidade da empresa analisada.	É consistente e coerente com a realidade?
Simplicidade e clareza	Avaliar se o método é de fácil compreensão e se os tópicos constantes em sua ficha avaliativa são claros. Também se avalia se o esforço despendido para a aplicação do método é razoável.	É simples e claro em sua compreensão e aplicação?
Relevância	Avaliar se o diagnóstico final fornecido pelo método é útil à empresa avaliada, de modo a guiá-la na melhoria de seus processos.	É útil à realidade?
Apoio teórico	Avaliar se os tópicos da ficha avaliativa de cada método são coerentes com os fundamentos da filosofia <i>Lean Construction</i> , segundo os autores mais referenciados na literatura.	Possui embasamento teórico?
Especificidade	Avaliar se os tópicos da ficha avaliativa do método são aplicáveis a quaisquer empresas construtoras.	É aplicável às diversas naturezas de obras existentes?

Quadro 2 – Critérios avaliativos dos métodos de mensuração

Fonte: Autoria Própria (2017)

Inicialmente, elegeu-se os decisores que opinariam a respeito dos pesos de cada critério pré-estabelecido. Foram considerados aptos a assumir o papel de decisor na análise os pesquisadores que possuíssem publicações científicas a respeito da temática da Construção Enxuta ou temáticas correlatas. Foram selecionados seis decisores para colaborarem com essa etapa da avaliação.

Uma vez definidos os decisores do processo, a etapa que se seguiu foi a ponderação dos critérios. O contato com os pesquisadores se deu de duas maneiras, pessoalmente ou através de e-mail, dependendo da disponibilidade do decisor. O questionário de avaliação utilizado solicitou aos decisores que avaliassem os critérios aos pares, por meio do seguinte questionamento: 'quão mais/menos importante é o CRITÉRIO A em relação ao CRITÉRIO B, no que se refere a avaliar métodos de mensuração da filosofia *Lean Construction*?'.

Salienta-se que, antes do início do preenchimento do questionário, os pesquisadores foram informados do compromisso de que as respostas dadas por eles seriam utilizadas anonimamente na pesquisa. Além disso, é importante se destacar que o questionário foi aplicado de modo que o decisor tivesse livre acesso para consultar a escala de valoração do método (Quadro 1) e a descrição dos critérios em análise (Quadro 2) ao longo de todo o processo de avaliação.

Com base nas respostas fornecidas, utilizou-se o *software AHP Priority Calculator*, de Goepel (2011), para realizar os procedimentos de cálculos proposto pelo método AHP, de modo a se determinar os pesos de cada critério na avaliação final. Salienta-se que os decisores que obtiveram 'RC' maior que o limite de 0,1 foram convidados a rever suas respostas, de modo que somente foram utilizadas na pesquisa as contribuições dos decisores que, ao final do processo, conseguiram se manter inferiores ao limite supracitado.

A etapa seguinte foi referente à avaliação de cada método de mensuração com base nos critérios estabelecidos. Com base nas informações coletadas a respeito de cada método, as ferramentas de mensuração em estudo foram avaliadas par a par, de modo a utilizar a mesma escala de valoração já apresentada no Quadro 1. Destaca-se que, neste caso, a comparação par a par dos métodos foi realizada somente pelos autores deste estudo.

Por fim, foi possível hierarquizar as ferramentas estudadas, comparando-se as avaliações finais de cada método, calculadas por meio da Equação 2.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, com base nas respostas dadas pelo primeiro decisor do processo de ponderação dos critérios do método AHP, denominado Decisor A, obteve-se a Matriz de Julgamento exposta na Tabela 3:

Crêterios	Consistência Lógica	Simplicidade e Clareza	Relevância	Apoio Teórico	Especificidade
Consistência Lógica	1	5	1	1/3	5
Simplicidade e Clareza	1/5	1	1/7	1/5	1
Relevância	1	7	1	3	5
Apoio Teórico	3	5	1/3	1	3
Especificidade	1/5	1	1/5	1/3	1

Tabela 3 – Matriz de Julgamento do Decisor A

Fonte: Aurtoria Própria (2017)

Em seguida, com o auxílio do *software AHP Priority Calculator*, determinou-se o vetor de pesos associado à Matriz de Julgamento supracitada, exposto na Tabela 4. Além disso, também foi possível determinar a razão de consistência, ‘RC’, das respostas dadas pelo decisor, obtida como sendo 0,098. É importante ressaltar que tal  ndice foi considerado aceitável, uma vez que era inferior ao limite máximo proposto (0,1).

Cr�terio	Peso
Consistência Lógica	0,229229
Simplicidade e Clareza	0,048649
Relevância	0,383838
Apoio teórico	0,278765
Especificidade	0,059518

Tabela 4 – Vetor de pesos associado à Matriz de Julgamento do Decisor A

Fonte: Aurtoria Própria (2017)

Realizou-se processo análogo com as respostas dadas pelos demais decisores do processo, obtendo-se, para cada um deles, um vetor de pesos, conforme exposto na Tabela 5. Salienta-se que todas as razões de consistência foram inferiores ao limite máximo estipulado, possibilitando que as respostas desses decisores fossem aceitas.

Crêterios	Vetores de Pesos					
	Decisor A	Decisor B	Decisor C	Decisor D	Decisor E	Decisor F
Consistência Lógica	0,2292	0,5303	0,3747	0,1009	0,1452	0,1466
Simplicidade e Clareza	0,0486	0,1589	0,0749	0,0492	0,2821	0,2792
Relevância	0,3838	0,0428	0,3747	0,4742	0,4106	0,0931
Apoio Teórico	0,2788	0,2094	0,1361	0,0652	0,0585	0,3345
Especificidade	0,0595	0,0586	0,0396	0,3105	0,1037	0,1466
Razão de Consistência (RC)	0,0976	0,0994	0,0427	0,0648	0,0956	0,0665

Tabela 5 – Vetor de pesos associado a cada decisor do método AHP

A fim de unificar as opiniões de todos os decisores, determinou-se a média geométrica de cada uma das linhas da Tabela 5, obtendo-se um vetor final de pesos para os critérios, exposto na Tabela 6.

Critério	Peso
Consistência Lógica	0,214661
Simplicidade e Clareza	0,114400
Relevância	0,219360
Apoio Teórico	0,147109
Especificidade	0,093132

Tabela 6 – Vetor final de pesos dos critérios do método AHP

Fonte: Autoria Própria (2017)

A etapa seguinte consistiu em realizar uma comparação par a par com os instrumentos de mensuração analisados em relação a cada um dos critérios avaliados. Deste modo, obtiveram-se cinco matrizes de julgamento (uma para cada critério analisado) e, para cada uma delas, determinou-se o vetor de pesos e a razão de consistência associados, expostos na Tabela 7.

Alternativas	Vetor de pesos associados a cada critério				
	Consistên- cia Lógica	Simplicidade e Clareza	Rele- vância	Apoio Teórico	Especifici- da-de
Hofacker et al. (2008)	0,1213	0,1084	0,2223	0,2970	0,0961
Carvalho (2008)	0,1996	0,0454	0,5573	0,0818	0,0561
Pereira (2012)	0,5214	0,4227	0,0741	0,1553	0,3376
Kurek et al. (2013)	0,0481	0,1706	0,0411	0,1553	0,1701
Tonin e Schaefer (2013)	0,0804	0,1706	0,0772	0,1553	0,1701
Souza e Cabette (2014)	0,0293	0,0822	0,0278	0,1553	0,1701
Razão de Consis- tência (RC)	0,0870	0,0202	0,0755	0,0015	0,0176

Tabela 7 – Julgamento das alternativas em relação a cada critério

Fonte: Autoria Própria (2017)

Finalmente, com o auxílio da Equação 2, foi possível determinar a avaliação final de cada uma das alternativas e, com base nesses resultados, hierarquizá-las em relação a sua eficiência em mensurar o uso da filosofia *Lean Construction* em canteiros de obras e empresas construtoras, como apresentado na Tabela 8.

Alternativas	Avaliação Final	Classificação
Pereira (2012)	0,23082	1º

Carvalho (2008)	0,18755	2º
Hofacker et al. (2008)	0,13986	3º
Tonin e Schaefer (2013)	0,09241	4º
Kurek et al. (2013)	0,07755	5º
Souza e Cabette (2014)	0,06047	6º

Tabela 8 – Avaliação final e hierarquização das alternativas

Fonte: Autoria Própria (2017)

Como pode ser observado na Tabela 8, os métodos de Pereira (2012) e de Carvalho (2008) são considerados os mais eficientes em mensurar o uso da filosofia *Lean Construction* nas empresas construtoras. De fato, o método de Pereira (2012) se destaca positivamente nos critérios ‘consistência lógica’, ‘simplicidade e clareza’ e ‘especificidade’, haja vista sua formulação concisa, com questões de fácil entendimento e que solicitam informações ao entrevistado que ele certamente deve possuir por conta de sua experiência na empresa. Além disso, o sistema de respostas utilizado pela autora (questões de múltipla escolha) permite um correto equilíbrio entre a subjetividade e a objetividade dos dados que são coletados. Ao estabelecer múltiplas respostas possíveis para a mesma questão, permite-se a avaliação do desempenho da empresa em diferentes níveis; ao mesmo tempo, considerando-se que as respostas são pré-definidas, mitiga-se a subjetividade das respostas do entrevistado.

Em relação ao método de Carvalho (2008), tem-se destaques negativos em três critérios (‘simplicidade e clareza’, ‘apoio teórico’ e ‘especificidade’), devido ao alto grau de complexidade de sua aplicação (requer diversas entrevistas com representantes da empresa), além de incoerências conceituais de algumas de suas questões com relação aos preceitos da filosofia. Entretanto, seu destaque positivo no critério ‘relevância’ faz com que conquiste um bom desempenho na avaliação final realizada, uma vez que esse critério foi ponderado com o maior peso na percepção dos decisores do AHP (Tabela 6). Esse destaque positivo ocorre devido à utilidade dos resultados apresentados pelo método: ao apresentar gráficos ‘radar’ com as percepções de diferentes setores da empresa (diretoria, engenharia, operários, projetistas, fornecedores e clientes), permite-se estabelecer comparações sobre a imagem veiculada pela empresa em diferentes setores associados a ela. Além disso, a utilização de gráficos facilita a interpretação dos dados, haja vista o apelo visual obtido.

Por outro lado, os métodos de Kurek et al. (2013) e Souza e Cabette (2014) foram considerados os menos eficientes em mensurar o grau de aplicação da Construção Enxuta em empresas construtoras, de acordo com a hierarquização realizada. De fato, ao apresentar resultados essencialmente abstratos (no caso de Kurek et al. (2013) os resultados são apresentados na forma de um índice matemático, e no caso de Souza e Cabette (2014) tem-se somente os dados coletados nas questões dissertativas do questionário), carece-se de informações efetivamente úteis à empresa construtora a

fim de contribuir em seu processo de implementação da filosofia *Lean*.

Os métodos de Tonin e Schaefer (2013) e Hofacker et al. (2008) aparecem com desempenho mediano na hierarquização realizada. Esse fato ocorre devido à formulação razoável de suas fichas avaliativas, que não apresentam problemas substanciais. Contudo, devido a algumas problemáticas de menor grau de importância, também não se destacam em relação aos demais.

5 | CONCLUSÃO

Neste estudo, através do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), foi possível realizar uma hierarquização das principais ferramentas de mensuração do grau de aplicação da Construção Enxuta em empresas construtoras em relação a sua eficiência, de modo que se atingiu o objetivo pretendido. A partir da hierarquização realizada, concluiu-se que o método mais indicado para ser utilizado é o proposto por Pereira (2012), devido à sua simplicidade e adaptabilidade a obras de diferentes naturezas.

Entretanto, também se observou que, todavia, não há um método que seja inequívoco em mensurar o uso da filosofia *Lean* nas empresas construtoras: todos apresentam problemas que, em maior ou menor grau, prejudicam a assertividade e a representatividade dos resultados gerados. Assim, para a utilização das ferramentas analisadas, é indispensável a presença de um profissional com notável saber sobre a temática da Construção Enxuta, de modo que este possa interpretar os resultados fornecidos pelo método de mensuração e julgar sua utilidade para a empresa.

Como sugestão a trabalhos futuros, propõe-se a criação de novas ferramentas capazes de auxiliar o processo de implementação da Construção Enxuta nos canteiros de obras. Para isso, sugere-se que essas ferramentas tenham seus procedimentos metodológicos simplificados de modo a dispensar, ao menos na fase inicial de implementação da filosofia na empresa, a presença de um profissional especializado no assunto. Dessa forma, ao possibilitar que os próprios colaboradores da empresa executem o autodiagnóstico por meio da ferramenta criada, diminuem-se as barreiras para a disseminação da filosofia no segmento da construção civil.

6 | RECONHECIMENTOS

Presta-se o devido reconhecimento de publicação original desse estudo à Revista Gestão Industrial (ISSN 1808-0448), sendo que a pesquisa foi publicada no **v.14/n. 4** do referido periódico.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Standard Practice for Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems**. ASTM E1765. West Conshohocken, PA, USA, 2011.
- BEN, F. **Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2006. p. 1-8.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Boletim Estatístico. Ano XIII, n. 3**: mar., 2017. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Boletim_Ano13n03.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2017.
- CARVALHO, B. S. **Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da Construção Enxuta**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- HEINECK, L. F. M. et al. **Introdução aos conceitos Lean: visão geral do assunto**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2009. 104 p. 1 v. Coletânea Edificar Lean - construindo com o Lean Management.
- HOFACKER, A. et al. **Rapid Lean Construction - Quality Rating Model**. IGLC - International Group for Lean Construction. Manchester - UK, 2008.
- GOEPEL, K. D. **AHP Priority Calculator**. 2011. Disponível em: <http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa anual da Indústria da Construção**. Rio de Janeiro: 2015. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html>>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- JUSTA, M. A. O. **Fatores críticos de sucesso para a implementação da manufatura enxuta**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p.305-325, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/1659/1844>>. Acesso em: 07 fev. 2018.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to the Construction industry**. Technical Report n. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, CA, 1992.
- KUREK, J. et al. **Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora**. Revista de Arquitetura da Imed, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p.20-36, jan. 2013.
- MACHADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. **Estratégias de produção para a Construção Enxuta**. 2015. Disponível em: <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Ricardo_Machado_1.pdf>. Acesso em: 14 set. 2016.
- OLIVEIRA, B. F. et al. **Um modelo de avaliação do grau de aplicação de ferramentas Lean em empresas construtoras: o Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR)**. Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial, Florianópolis, v. 2, n. 2, p.156-174, dez. 2010.
- PASSOS, A. C. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- PEINADO, H. S. et al. **Método AHP para tomada de decisão multicritério**. Maringá: EDUEM, 2016. 34 p. (Coleção Fundamentum; 103).

PEREIRA, M. C. **Avaliação e análise da aplicação da filosofia Lean em empresas de Construção Civil da região metropolitana de Belo Horizonte**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SOUZA, B. C.; CABETTE, R. E. S. **Gerenciamento da Construção Civil: estudo da aplicação da “Lean Construction” no Brasil**. Revista de Gestão & Tecnologia, Lorena, v. 1, n. 2, p.21-26, dez. 2014.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da Lean Construction em uma construtora**. Iniciação Científica Cesumar, Maringá, v. 15, n. 1, p.23-31, jan. 2013.

TRIANANTAPHYLLOU, E.; MANN, S. H. **Using the Analytic Hierarchy Process for decision making in engineering applications: some challenges**. International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice. Cincinnati, p. 35-44.1995.

WOLFF, C. S. **O método AHP: revisão conceitual e proposta de simplificação**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-193-0

