

CORRÊA, L.A., MARCHIORI, F.F & ABREU, J.P.M. (2024). Modelo de Avaliação Construtivista na Aplicação da Construção Enxuta. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción* (IX ELAGEC2024).

MODELO DE AVALIAÇÃO CONSTRUTIVISTA NA APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Leonardo de A. Corrêa¹ – leonardo.ac@posgrad.ufsc.br

Fernanda F. Marchiori² - fernanda.marchiori@ufsc.br

João Paulo M. de Abreu³ - joapaulojpma@hotmail.com

¹ *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.*

² *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.*

³ *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.*

SUMÁRIO

As construtoras têm guiado seus esforços para a melhoria de seus sistemas de construção. Contudo, a evolução pouco acelerada, se comparada a outras indústrias, aponta para uma dificuldade em avaliar o impacto de suas ações de melhoria e também de gerenciá-las de forma eficaz. Visando maximizar o valor criado no projeto global, torna-se necessário avaliar o desempenho do gerenciamento da construção para identificar oportunidades de melhoria. O presente trabalho, caracterizado como exploratório e descritivo, tem como objetivo construir um modelo de avaliação da aplicação da construção enxuta na construção civil, utilizando a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C). Como resultado, o modelo desenvolvido gerou 22 critérios para a avaliação em projetos de construção civil, organizados em 6 grandes áreas de preocupação: Estratégias de Produção, Pilares do Lean, Projeto Integrado, Sustentabilidade da Obra, Cliente e Usuário Final. Esses critérios permitem ao decisor avaliar o desempenho dos empreendimentos segundo a perspectiva da construção enxuta, identificando o quanto cada fator está sendo alcançado tanto individualmente quanto globalmente. Essa avaliação detalhada possibilita a identificação precisa de oportunidades de melhoria e aperfeiçoamento contínuo, contribuindo para a otimização dos processos e para a maximização do valor agregado nos projetos de construção civil.

PALAVRAS-CHAVE

Avaliação de Desempenho; Construção Civil; Construção Enxuta; MCDA-C; Tomada de Decisão.

INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) é responsável por 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2023). Devido à sua relevância, investimentos e melhorias nesta indústria impactam diretamente a economia do país. No entanto, a construção é percebida como um setor que está atrás de outras indústrias em relação à inovação (Wang et al., 2021) e o sistema produtivo da ICC ainda utiliza técnicas artesanais que geram desperdícios. A construção enxuta, adaptada da indústria seriada para a construção civil por Koskela (1992), busca diminuir essa lacuna. Koskela identificou três dificuldades fundamentais na ICC: local de produção fixo, produção única e organização temporária. Atrasos em projetos de construção são observados globalmente, afetando a indústria e a economia das nações. Esses atrasos impactam negativamente o sucesso do projeto, alterando cronogramas, custos, critérios de qualidade e gestão de segurança (Carvalho et al., 2021).

A construção enxuta difere do modelo convencional ao gerenciar, controlar, reduzir e eliminar atividades que não agregam valor, além das que agregam. Koskela (1992) definiu o Modelo de Processo da construção enxuta, abordando atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. Koskela et al. (2000) expandiram isso para o conceito TFV - Transformação, Fluxo e Valor, que inclui fluxos de trabalho e criação de valor.

Projetos de construção são sistemas complexos e dinâmicos (Bertelsen, 2005). A gestão eficaz de sistemas complexos requer a divisão em elementos gerenciáveis (Baldwin & Clark, 2000). A construção enxuta apoia essa visão analítica ao:

- i. Gerenciar atividades que agregam e não agregam valor (visando eliminar estas últimas); e
- ii. Introduzir o conceito de construção off-site para reduzir a complexidade das tarefas.

As construtoras têm buscado aprimorar seus sistemas de construção, mas a evolução tem sido lenta em comparação com outras indústrias, o que evidencia a dificuldade em avaliar e gerenciar o impacto das melhorias. As abordagens de inovação são eficazes quando conseguem resolver problemas específicos (Etges & Ten Caten, 2023). Essa dificuldade ressalta a importância de um sistema de apoio à decisão, que possibilita uma análise mais estruturada e criteriosa dos processos envolvidos. No contexto da construção enxuta, esse sistema facilita a identificação de áreas que precisam de melhorias, permite a mensuração objetiva do desempenho e apoia a tomada de decisões que maximizam o valor agregado nos projetos de construção civil.

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um modelo de avaliação para a aplicação da construção enxuta na ICC utilizando a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C). Os objetivos específicos incluem: (i) identificar e definir os critérios relevantes para a avaliação do desempenho em projetos de construção civil sob a perspectiva da construção enxuta; (ii) construir escalas de medida adequadas para mensurar esses critérios de forma objetiva; e (iii) propor ações de melhoria baseadas nos resultados obtidos pelo modelo, visando à otimização dos processos e à maximização do valor agregado nos projetos de construção. Com esses objetivos, o estudo busca contribuir para a melhoria contínua no gerenciamento de projetos na construção civil,

oferecendo um referencial prático para a tomada de decisão e o aprimoramento das práticas de construção enxuta.

REFERENCIAL TEÓRICO

GERENCIAMENTO SEGUNDO PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

A construção enxuta refere-se à aplicação dos conceitos do Sistema Toyota de Produção à construção civil (Sacks et al., 2010), buscando uma nova base para o gerenciamento de projetos (Koskela et al., 2002). Este gerenciamento difere do tradicional em objetivos, estrutura, relação entre etapas e participantes (Ballard & Howell, 2003). Kim e Park (2006) destacam que as principais diferenças entre construção enxuta e gerenciamento tradicional incluem controle, otimização do desempenho, programação, visão do sistema e processo produtivo, avaliação de desempenho e satisfação do cliente.

Na ICC, a transição para a construção enxuta implica mudanças significativas nos indicadores de desempenho usados pelos gestores (Ohno, 1997; Lorezon, 2006; Jin et al., 2013). Pesquisas enfatizam a importância de sistemas de avaliação de desempenho adequados para apoiar a implementação bem-sucedida da construção enxuta (Lantelme & Formoso, 2000; Alarcón et al., 2001; Sarhan & Fox, 2012). Sarhan e Fox (2012) afirmam que a escolha dos critérios de avaliação adequados condiciona fortemente a implementação de estratégias de negócio.

A aplicação dos conceitos do sistema produtivo de fábrica a um canteiro de obras, exposto à maior variabilidade, apresenta critérios e alternativas indefinidas e conflitantes. Isso requer a participação de diversas pessoas com pontos de vista diferentes para resolver o problema, além de critérios quantificáveis ou escalas verbais, ordinais ou cardinais, tornando a aplicação dos conceitos de fábrica no canteiro de obras um problema complexo (Gomes et al., 2009).

Li et al. (2017) propõem um sistema para avaliar a implementação da construção enxuta em construtoras na China, baseado nos seguintes critérios e ferramentas: (i) Last Planner System; (ii) Gestão Visual; (iii) Gestão das Reuniões; (iv) Just in Time; (v) Engenharia Simultânea; (vi) Qualidade Total; e (vii) Gestão do Canteiro (6S). Eles sugerem que as construtoras devem melhorar seus sistemas de tomada de decisão e cultura de inovação para permitir que os trabalhadores aprendam e implementem a construção enxuta.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A única maneira de gerenciar um sistema ou solucionar um problema complexo é decompô-lo em partes (Baldwin & Clark, 2000) ou desmembrá-lo em elementos gerenciáveis (Starr, 2010). Entre os métodos de avaliação de desempenho, destacam-se as metodologias multicritério de apoio à decisão, que, segundo Roy e Vanderpooten (1997), vêm evoluindo desde os anos 80 e são facilitadoras no desmembramento de problemas. Essas metodologias aplicam-se a contextos complexos, justificando sua escolha para esta pesquisa. As metodologias multicritério são divididas em duas escolas: a Americana (Multicriteria Decision Making - MCDM) e a Europeia (Multicriteria Decision Aid - MCDA).

As duas escolas diferenciam-se principalmente na fase de estruturação. Rittel & Webber (1973) classificam as etapas de avaliação de desempenho em estruturação, formulação, avaliação e recomendações. A estruturação pode ser racionalista ou construtivista. Alguns métodos racionalistas são: McKinsey 7-S (Waterman & Peters, 1980), The Performance Measurement Matrix (Keegan et al., 1989), Business Excellence Model (EFQM, 1999), SMART Performance Pyramid (McNair, Lynch & Cross, 1990), Performance Prism (Neely, Adams & Crowe, 2001) e Balanced Scorecard (Kaplan & Norton, 2001). Esses métodos focam em identificar o que medir com base em conhecimentos, valores e preferências universais, não considerando os valores dos decisores, sendo denominados racionalistas (Roy, 1993).

Contudo, esses métodos apresentam limitações como falta de objetividade, representatividade e número elevado de dados, dificultando seu uso (Nudurupati et al., 1989; Kennerley & Neely, 2002; Neely, 2005). Na escola europeia, destacam-se dois métodos construtivistas: Soft System Methodology (Checkland, 1999; Maqsood et al., 2007) e Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C) (Bana e Costa et al., 1999; Ensslin et al., 2000; Tasca et al., 2010; Zamcopé, Ensslin & Ensslin, 2010). Esses métodos estruturam a partir dos valores e preferências dos decisores, conferindo maior objetividade e representatividade ao modelo.

A MCDA-C realiza todas as etapas de Rittel & Webber (1973), permitindo uma avaliação de desempenho detalhada e profunda. A escola europeia caracteriza-se pela abordagem construtivista, focada na geração de conhecimento sobre o problema em questão para os envolvidos, por meio da modelagem do contexto decisório (Roy, 1993; Tasca et al., 2010). A MCDA-C apoia a decisão, gerando conhecimento para justificar e planejar ações.

Para avaliação de desempenho sob a perspectiva da construção enxuta, destacam-se ferramentas como Lean Assessment Tool (Salem et al., 2004; Salem et al., 2005), Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR) (De Oliveira et al., 2010; Vieira, De Souza & Amaral, 2012) e Protocol for Assessing the Use of Lean Construction Practices (Etges, Saurin & Bulhões, 2013).

A análise dos métodos de avaliação de desempenho indicou que a MCDA-C é a mais adequada para esta pesquisa, pois define a avaliação de desempenho como um processo para construir conhecimento no decisor sobre o contexto específico que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor, identificando, organizando, mensurando ordinal e cardinalmente, integrando e visualizando o impacto das ações e seu gerenciamento (Ensslin et al., 2010). A MCDA-C auxilia na estruturação de problemas complexos, permitindo aos decisores guiar seus esforços em projetos de melhoria e justificar suas decisões de priorização das ações perante os gestores. Ela avalia as repercussões das decisões no contexto do problema, considerando critérios relevantes para o decisor e avaliando cada ação disponível através de um modelo específico para cada situação.

Este estudo aborda uma lacuna no campo da construção enxuta, onde muitos modelos de avaliação existentes não capturam adequadamente as complexidades dos projetos de construção civil. Modelos racionalistas frequentemente padronizam critérios, enquanto os métodos construtivistas disponíveis enfrentam desafios na integração de múltiplos critérios e na oferta de recomendações práticas. O modelo proposto neste artigo se

diferencia ao combinar a MCDA-C com um foco específico na construção enxuta, oferecendo uma solução mais adaptável e alinhada às necessidades dos projetos de construção civil.

MÉTODO

ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A natureza do objetivo deste estudo possui caráter exploratório (VIEIRA, 2002), de modo que o processo de avaliação de desempenho na perspectiva da construção enxuta e os critérios mais relevantes para sua aplicação em obras foram analisados sistematicamente, a fim de desenvolver o grau de entendimento do decisor sobre o contexto, através de um modelo destinado à identificação de oportunidades de melhoria. Esta pesquisa caracteriza-se como prática, tendo em vista que utilizou o estudo de caso no contexto de um empreendimento (YIN, 2015).

Analisado pela perspectiva da lógica, esta pesquisa caracteriza-se como indutiva (IUDICIBUS, 2004), visto que seu objetivo foi gerar conhecimento. A caracterização do processo da pesquisa foi subdividido no tipo de coleta de dados (natureza primária ou secundária) e na abordagem do problema. No que tange a este estudo, a coleta de dados foi de natureza primária (RICHARDSON, 1999), sendo que, muitas informações foram obtidas, diretamente, junto ao decisor e aos intervenientes. A coleta também ocorreu de natureza secundária (RICHARDSON, 1999), haja vista que, muitas informações foram obtidas nos artigos das bases de dados.

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa (RICHARDSON, 1999); a dimensão qualitativa da pesquisa verifica-se na fase de estruturação, através dos seguintes elementos: elementos primários de avaliação (EPA's), mapas de relações meios-fins, estrutura hierárquica de valor e descritores. Na fase de avaliação está alocada a dimensão quantitativa da pesquisa que é composta pelos seguintes elementos: construção dos modelos de preferências locais (funções de valor), taxas de substituição e impacto das ações, simulação da avaliação global e análise de sensibilidade.

Sob a ótica do resultado da pesquisa esta é classificada como “aplicada”, devido à perspectiva de utilização do modelo desenvolvido pela empresa durante a análise das oportunidades de melhorias em suas obras.

Este trabalho adota uma abordagem exploratória e descritiva, com o objetivo de desenvolver um modelo de avaliação da aplicação da construção enxuta, o instrumento de intervenção escolhido para auxiliar no desenvolvimento desta pesquisa é a MCDA-C. A Figura 1 apresenta a metodologia da pesquisa. Inicialmente, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com os decisores e facilitadores do estudo, que permitiram a identificação dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs). Esses EPAs foram posteriormente transformados em conceitos específicos e organizados em seis grandes áreas de preocupação: Estratégias de Produção, Pilares do Lean, Projeto Integrado, Sustentabilidade da Obra, Cliente e Usuário Final. Cada uma dessas áreas foi

detalhadamente estruturada, utilizando mapas de relações meios-fins, para identificar a hierarquia e interdependência entre os conceitos.

A metodologia também inclui a construção de descritores e escalas de avaliação, que foram utilizados para mensurar o desempenho das ações propostas. Essas escalas foram desenvolvidas através de comparações par a par das alternativas, utilizando o *software* MACBETH, o que possibilitou a quantificação das preferências dos decisores de forma clara e objetiva. Além disso, a análise de sensibilidade foi realizada para testar a robustez do modelo desenvolvido, garantindo que pequenas variações nas taxas de substituição não afetassem significativamente os resultados.



Figura 1. Metodologia da pesquisa.

FASES PARA O DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO DE INTERVENÇÃO

O processo de desenvolvimento do instrumento de intervenção possui três fases: Fase de Estruturação, Fase de Avaliação e Fase de Recomendações, os quais estão apresentados na Figura 2.

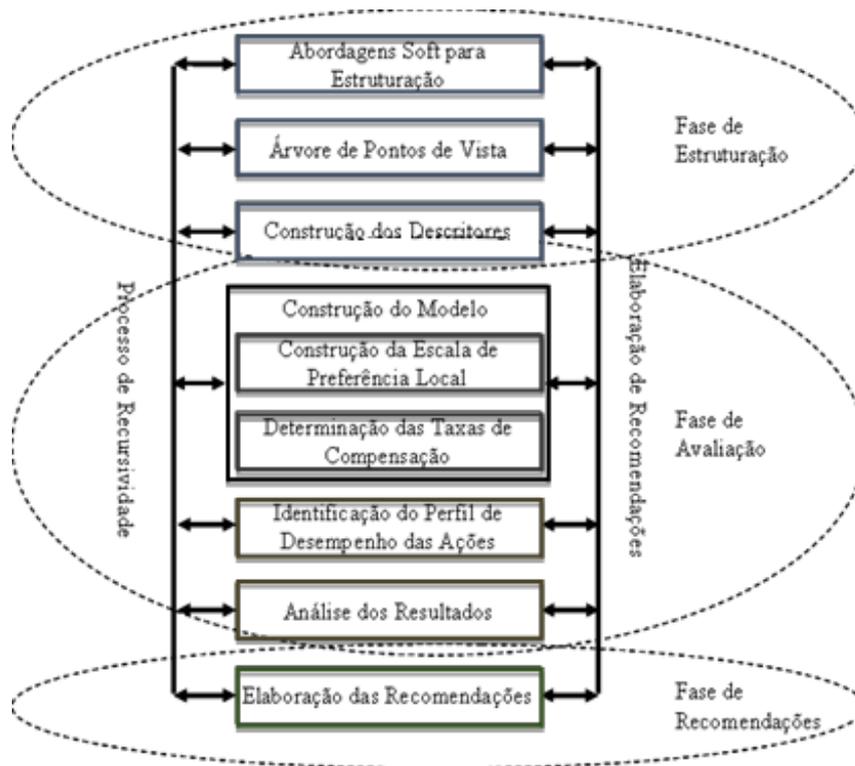


Figura 2. Fases da MCDA-C. Fonte: adaptado pelos autores de Dutra, Ensslin & Ensslin (2000).

A Fase de Estruturação visa o entendimento do problema no contexto que o decisor e os envolvidos estão inseridos, que ele considera necessários e suficientes para avaliá-lo. Uma estrutura é construída, com participação dos decisores, para atingir este entendimento. Essa estrutura deverá representar, de forma organizada, os objetivos, seus fatores explicativos e a forma como estes serão alcançados (ENSSLIN, 2002). Inicialmente, foram identificados os atores participantes do processo decisório, sendo eles: (i) DECISOR: Gerente de Engenharia; (ii) FACILITADORES: Autores; (iii) INTERVENIENTES: Gerentes de Projeto, Engenheiros de Obra, Empresas de Consultoria; (iv) AGIDOS: Empresas construtoras, incorporadoras, empreiteiras e sociedade.

Através de entrevistas de natureza semiestruturada e brainstorming entre os facilitadores e o decisor, foram coletadas as informações e validados os resultados de cada etapa da pesquisa aplicadas na construção do modelo. Após a definição dos atores participantes do processo decisório, foi definido um “rótulo” que expressasse as preocupações fundamentais do decisor em relação ao problema. Ensslin, Montibeller e Noronha (2001) definem um rótulo como “um nome que descreva o problema que os facilitadores irão apoiar a resolução”. Nesta pesquisa, o rótulo ficou acordado entre o decisor e os facilitadores desta maneira: avaliação da aplicação da construção enxuta na construção civil.

Construída uma melhor compreensão sobre o problema, inicia-se a fase de elaboração dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs), que são as primeiras preocupações apresentadas pelos decisores (KEENEY, 1992). Neste trabalho, foram obtidos 111 Elementos Primários de Avaliação inicialmente. Identificados os EPAS, é necessário

transformá-los em conceitos (EDEN, 1988). O conceito é a expansão do EPA, onde cada EPA pode apresentar mais de um conceito. Para sua composição, utiliza-se um verbo no início de sua descrição, que pode representar o nível de importância dentro do modelo daquele contexto (e.g. Promover – verbo estratégico; Ter – verbo operacional). Segundo Ensslin, Montibiller e Noronha (2001), cada conceito apresenta dois polos: (i) polo presente e (ii) polo oposto. O polo presente representa o desempenho pretendido do EPA, já o polo oposto representa o mínimo aceitável ou aquilo que se deseja evitar. Dentro da metodologia, os dois polos são separados por “(…)” que podem ser lidos como “ao invés de” / “em preferência de”. Neste trabalho foram obtidos 235 conceitos, compostos por polo presente e polo oposto.

Estabelecida a formulação dos conceitos, estes são agrupados, junto ao decisor, em áreas de preocupação, ou clusters (EDEN, 1988; ENSSLIN, 2002; ZANELATO, 2008). O Agrupamento é realizado de maneira construtivista, analisando cada conceito e comparando com os demais para, de maneira subjetiva, buscar entender uma proximidade entre eles. Depois do agrupamento feito, inicia-se a etapa de hierarquização dos conceitos. Para isso, utilizam-se os conceitos existentes na ferramenta “mapa de relações meios-fins” (EDEN, 1988), que se caracteriza por ser um mapa cognitivo.

Através da sua construção, o decisor pode explicitar os valores que estão relacionados ao problema (TASCA et al., 2010). O mapa possibilita que o decisor identifique dentro dos conceitos iniciais criados: qual sua hierarquia dentro do modelo; a sua interligação com outros conceitos existentes; a necessidade de desenvolvimento de novos conceitos para estabelecer uma relação de meios-fins. Ensslin, Montibiller e Noronha (2001) explicam essa lógica de decomposição, onde “um critério mais complexo de ser mensurado é decomposto em subcritérios de mais fácil mensuração”.

Depois de identificados os clusters, foram traçados os ramos por meio das linhas de argumentação, demonstrando as preocupações similares (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). O modelo multicritério é então estabelecido por meio da transferência do mapa de relações meios-fins em Pontos de Vistas Fundamentais (PFVs), que explicitam os valores que o decisor considera importante naquele contexto, definindo ao mesmo tempo as características das ações que são de interesse do decisor (BANA; COSTA, 1992; TASCA et al., 2010). Assim, constrói-se uma estrutura arborescente denominada Estrutura Hierárquica de Valor (EHV) (KEENEY, 1992).

Findada a etapa de construção dos PVFs do modelo, inicia-se a construção dos descritores que representa a última etapa da fase de estruturação. Cada descritor possui as ações potenciais de melhoria, dois níveis de ancoragem, Bom e Neutro, que definem as faixas fronteiriças entre as ações que causam um impacto acima do mercado (excelência), as que estão dentro do esperado pelo mercado (mercado) e aquelas que tem um desempenho comprometedor (comprometedor). Os níveis de ancoragem de cada descritor são definidos pelo decisor.

A Fase de Avaliação transforma o conhecimento gerado em dados quantificáveis, permitindo sua mensuração cardinal através de um modelo matemático, e a importância dos aspectos locais e globais do contexto analisado pelo decisor são definidos com base nas taxas de compensação/substituição. Após a Fase de Estruturação é necessário realizar o julgamento da atratividade de cada ação, e a diferença de atratividade entre elas. Para

isso, os descritores (que possuem escalas ordinais) são transformados em descritores com escalas cardinais, ou de intervalo, resultando em uma função de valor (KEENEY; RAIFFA, 1993) para cada descritor. A função de valor, auxilia a articulação das preferências dos decisores, onde nos níveis de ancoragem citados anteriormente, o “nível BOM” assume o valor de 100 pontos e o “nível NEUTRO” é igual a 0.

Para a construção das funções de valor, foi escolhido o método do julgamento semântico, no qual a função de valor é obtida pelas comparações par a par da diferença de atratividade entre as ações potenciais (BEINAT, 1995). O *software* MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), conforme indicação da literatura (BANA e COSTA; VANSNICK, 1995), foi empregado na comparação entre as ações potenciais.

A seguir é realizada a integração dos critérios para possibilitar a avaliação do desempenho global de cada ação, é a próxima etapa da fase de avaliação. Nela, são determinadas as taxas de substituição que no modelo multicritério expressam, de acordo com o julgamento dos decisores, a perda de desempenho que uma ação potencial sofrerá para compensar o ganho de desempenho em outro KEENEY, 1992; KEENEY; RAIFFA, 1993; ROY, 1996). O primeiro passo para determinar as taxas, consiste em ordenar os critérios segundo a preferência dos decisores, por meio da comparação par a par (A0, A1, A2, A3), com apoio de uma matriz de ordenação (ROBERTS, 1979). A matriz semântica construída pelo *software* MACBETH, é utilizada junto ao decisor, onde ele expressa as intensidades de preferência de uma ação sobre a outra. O resultado é uma escala de intervalos de preferências do decisor.

Na sequência, os julgamentos semânticos são utilizados para determinar as taxas no MACBETH. Este procedimento é aplicado também para os demais critérios da EHV e, então, traçado o perfil de desempenho do projeto de construção civil de um edifício comercial segundo sua aderência com a construção enxuta. Terminada a etapa precedente, é traçado o perfil de desempenho do projeto de construção civil de um edifício comercial segundo sua aderência com a construção enxuta.

Por fim, a Fase de Recomendações permite ao decisor compreender melhor a avaliação realizada, bem como o impacto global e local de cada ação ou possível ação, com base na análise dos indicadores de desempenho do modelo, além de fornecer ao decisor um apoio para justificar suas decisões dentro do contexto. A elaboração das recomendações é resultado de um processo de construção do conhecimento durante o desenvolvimento do instrumento de intervenção.

Nesta fase busca-se testar a robustez do modelo e detectar pequenas variações nas taxas de substituição dos PFVs que podem alterar o resultado final da classificação das alternativas. Para tanto, se fez uso do *software* HIVIEW com a análise da sensibilidade, permitindo identificar variações nos valores atribuídos às alternativas, se alterarmos as taxas de substituição atribuídas. Feita a análise de robustez, inicia-se a indicação das possíveis recomendações para melhorar o desempenho do projeto, baseado em ações potenciais nos critérios que, de acordo com os decisores, estão com desempenho abaixo do esperado e que, se possível, tragam um maior impacto global na avaliação do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso foi realizado em uma empresa construtora de grande porte, envolvendo especificamente a equipe de um dos seus projetos. Um dos autores da pesquisa atuou na área de planejamento da obra em questão, que consiste em um prédio comercial de 33 pavimentos. Pelo empreendimento ter altura elevada e a característica de unidades comerciais implicante em prazo curto para sua execução, foram adotadas algumas práticas de industrialização na execução da obra. O fato de um dos autores participar da execução do empreendimento e do mesmo empregar processos industrializados em seu sistema construtivo, contribuíram no processo de escolha deste para o estudo de caso.

ESTRUTURAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO PARA A AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa iniciou a implementação da construção enxuta em seus empreendimentos com o apoio de consultorias, três anos antes do início do estudo de caso. Contudo, teve dificuldade em definir e avaliar as ações de melhoria em seus processos. Deste modo, foi proposta a construção do modelo de avaliação de desempenho apresentado nesta pesquisa para que fosse possível identificar aspectos a aprimorar em seus processos.

FASE DE ESTRUTURAÇÃO

No Quadro 1 são apresentados 2 exemplos de EPAs obtidos nesse trabalho e seus respectivos conceitos.

Quadro 1. Dois EPAs obtidos e seus respectivos conceitos.

EPA	Polo Presente	Polo Oposto
47. Programação na Construção	47.1 Programar as atividades da obra de acordo com o <i>takt time</i> ...	produzir sem um ritmo contínuo
	47.2 Programar as atividades em conjunto com as partes interessadas...	programar com base em índices de escritório
	47.3 Programar de forma puxada de acordo com as necessidades da obra...	impor um programa fora da realidade da obra
71. Produção puxada	71.1 Puxar os processos a medida que o cliente necessite...	passar produtos de etapas sem que o cliente possa receber
	71.2 Criar um fluxo puxado visual no canteiro de obras....	dificultar a visualização dos fluxos
	71.3 Ter um ritmo de puxada (<i>takt time</i>) definido segundo a demanda do cliente...	definir o <i>takt time</i> de acordo com a disponibilidade dos recursos

Na Figura 3 estão apresentadas as 6 grandes áreas de preocupação do modelo: (i) Estratégias de Produção; (ii) Pilares do Lean; (iii) Projeto Integrado; (iv) Sustentabilidade da Obra; (v) Cliente e (vi) Usuário Final. Cada número abaixo das áreas corresponde ao

conceito associado. Por exemplo, o EPA “110” Kanban gerou o conceito “110.3” que foi agrupado na área de preocupação “Projeto Integrado”.

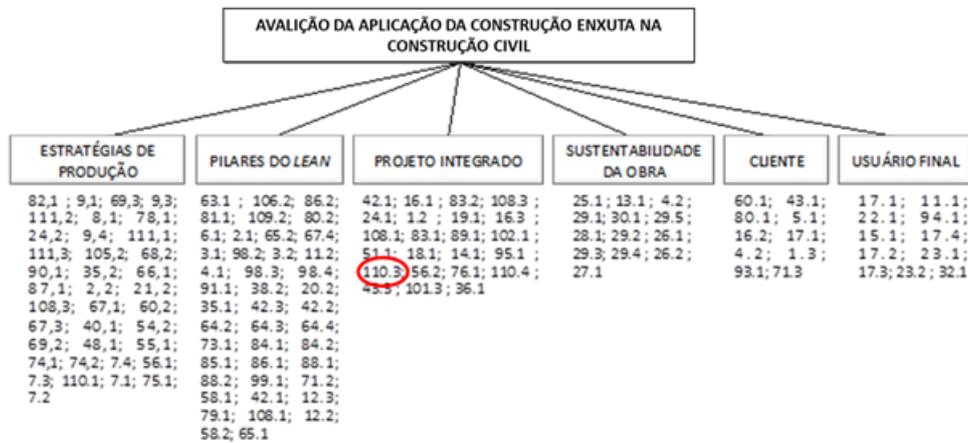


Figura 3. Agrupamento dos conceitos por área de preocupação.

O estudo de caso exposto nesta pesquisa, limitou-se ao desenvolvimento do modelo de avaliação da área de preocupação “Estratégias de Produção”, por prioridade do decisor. Em tal modelo, os conceitos foram agrupados nas áreas de preocupação “kaizen”, “planejamento”, “processo padronizados” e “gestão visual”. Após o agrupamento, foi elaborado o mapa de relações meios-fins desenvolvido na área de preocupação “Planejamento”.

Na Figura 4, é apresentada a Estrutura Hierárquica de Valor do Ponto de Vista Fundamental “Planejamento” e seus respectivos Ponto de Vista Elementares (PVE) e Subpontos de Vista Elementares (SubPVE).

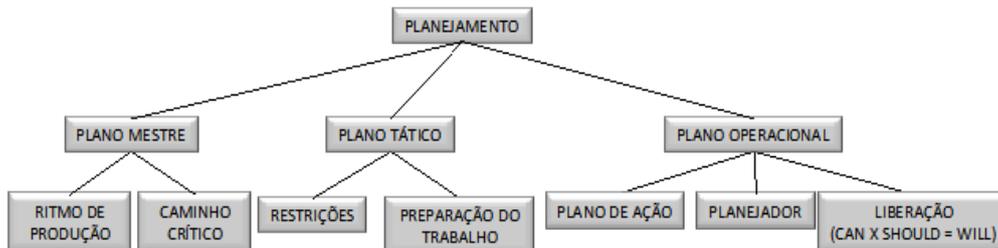


Figura 4. Estrutura Hierárquica de Valor do Ponto de Vista Fundamental “Planejamento”.

A Figura 5 mostra o descritor do SubPVF “Ritmo de Produção”.

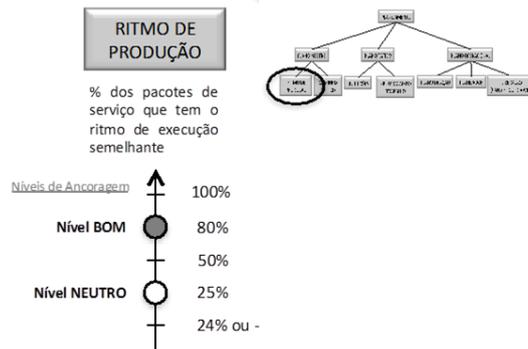


Figura 5. Descritor do critério ou SubPVE “Ritmo de Produção” com seus níveis de ancoragem.

Na Figura 6 estão demonstrados os descritores construídos para o PVF “Planejamento”.

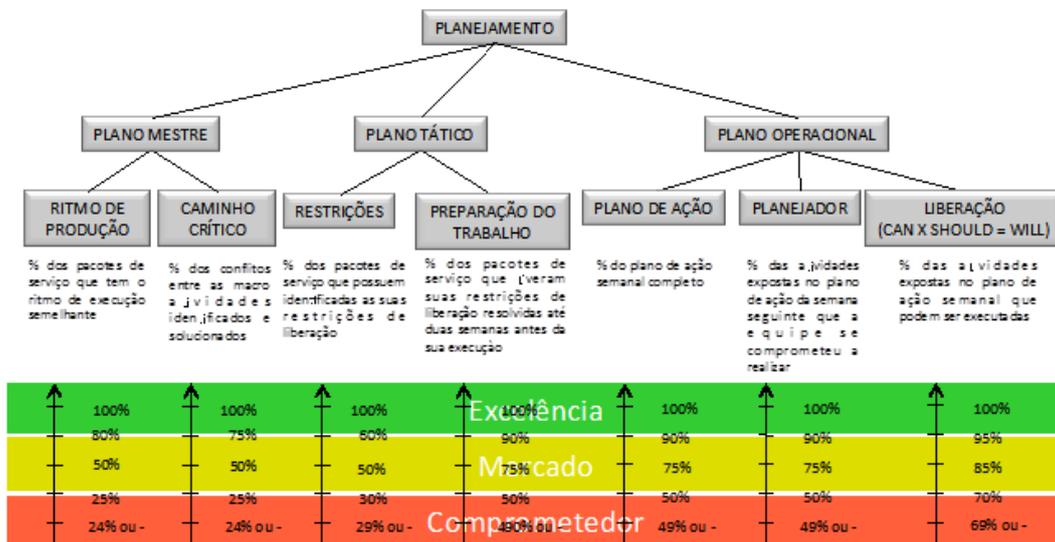


Figura 6. Desmembramento em descritores do PVF “Planejamento”, escala ordinal.

A partir desse ponto, com a construção dos descritores com escalas ordinais de preferência, inicia-se a fase de avaliação do modelo.

FASE DE AVALIAÇÃO

A próxima etapa é realizar o julgamento da atratividade de cada ação, e a diferença de atratividade entre elas. O software MACBETH, foi utilizado na comparação entre as ações potenciais. Na sequência foi feita a ordenação dos critérios com apoio da matriz de ordenação para a construção das taxas de substituição dos SubPVE do PVFs.

A Figura 7 apresenta a construção das taxas de substituição dos SubPVE do PVF “Planejamento” com o software MACBETH e Estrutura Hierárquica de Valor com as suas respectivas taxas cujo.

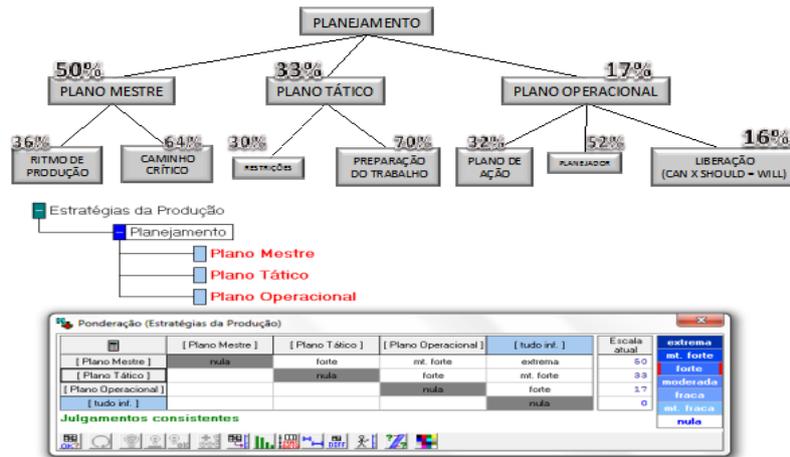


Figura 7. Construção das taxas de substituição dos SubPVE do PVF “Planejamento” com o software MACBETH e EHV com as suas respectivas taxas.

A Figura 8 demonstra o perfil do projeto do PFV “Planejamento” e sua avaliação local que é de 63.5 em uma escala de 0 a 100, qualificando o desempenho do projeto no PVF “Planejamento” dentro do nível do mercado. O desempenho do projeto é qualificado no PVF “Planejamento” dentro do nível do mercado, conforme Figura 12, onde é também demonstrado o perfil do projeto do PVF “Planejamento” e sua avaliação local (57,40 em uma escala de 0 a 100).

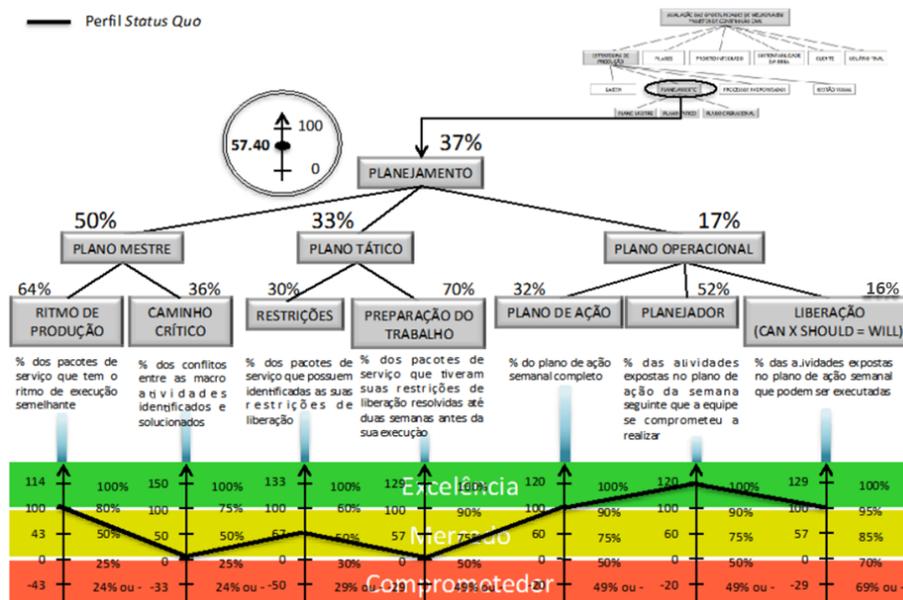


Figura 8. Modelo de avaliação local para o PFV “Planejamento”.

A síntese da avaliação global do PVF “Estratégias de Produção” e o status quo são demonstrados na Figura 9.

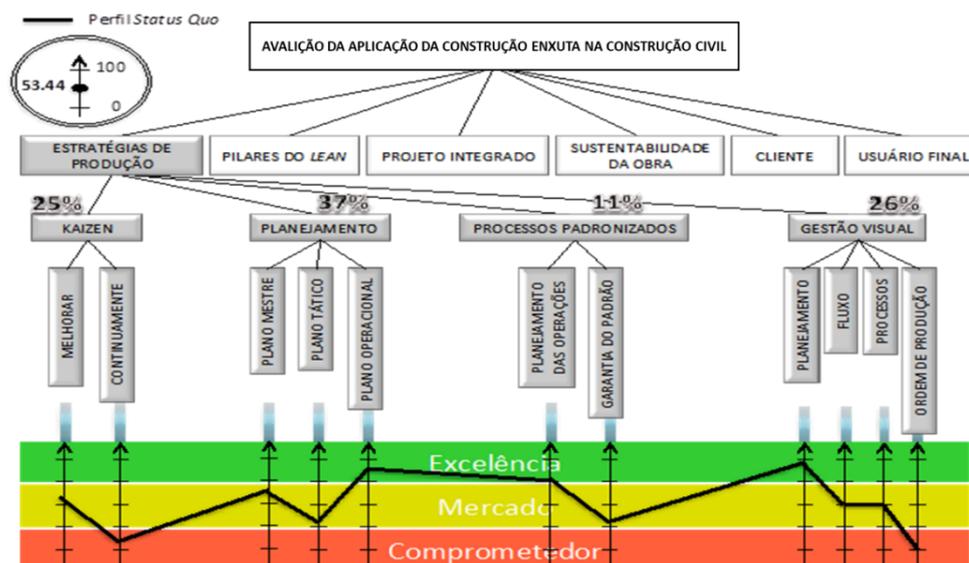


Figura 9. Modelo de global local para o PVF “Estratégias de Produção”.

O resultado do valor global obtido no modelo utilizado nesse estudo é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Valor Global do Modelo, considerando o PVF “Estratégias de Produção”.

PVF	Taxa de Substituição	Pontuação (0 à 100)	
		Local	Global
KAIZEN	25%	47.45	11.86
PLANEJAMENTO	37%	56.77	21.01
PROCESSOS PADRONIZADOS	11%	65.07	7.16
GESTÃO VISUAL	27%	49.68	13.41
Valor Global		53.44	

Deste modo, a pontuação global do projeto é de 53.44 em uma escala de 0 a 100, o classificando-o dentro do desempenho do mercado e expondo as oportunidades de melhoria, que serão discutidas na próxima seção, através das ações preferenciais que compõem os descritores do modelo.

FASE DE RECOMENDAÇÕES

O software HIVIEW foi utilizado para análise de sensibilidade. Como exemplo, a análise feita no SubPVE “Melhorar” do PVF “Kaizen”, foram feitas alterações na taxa de substituição de 67% para 55% e de 67% para 85%. Nas duas alterações, não houve impacto na classificação das alternativas, assim o modelo é robusto para essas variações.

IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA E APERFEIÇOAMENTO

Neste trabalho, serão apresentadas duas recomendações geradas no PVF “Planejamento” e os respectivos impactos globais das ações potenciais. Os descritores circulados na Figura 10, dos SubPVEs “Caminho Crítico” e “Preparação do Trabalho” do PVF “Planejamento” tem um desempenho atual baixo e um alto potencial de contribuição na melhoria do desempenho global do projeto.

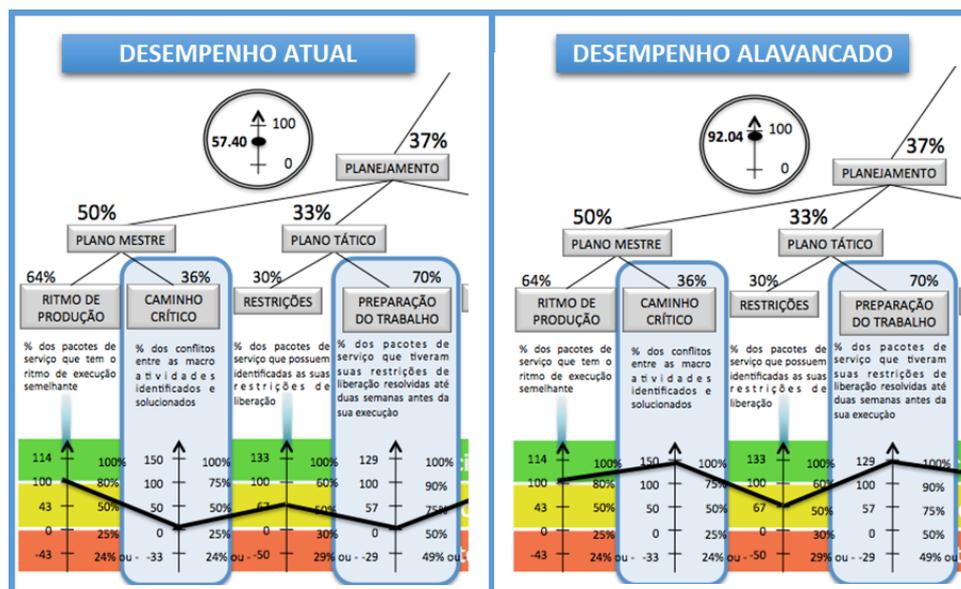


Figura 10. Desempenho atual e avançado dos SubPVEs “Caminho Crítico” e “Preparação do Trabalho” do PVF “Planejamento”.

Com o intuito de alavancar o desempenho do critério de “Caminho Crítico”, foram propostas as seguintes ações: (i) Utilizar uma metodologia de planejamento ao longo prazo, que possibilite visualizar a interface entre as atividades e os pacotes de serviço (e.g. linha de balanceamento, linhas de fluxo) e identificar os conflitos, (i.e. local, data, recursos) entre elas; e, (ii) estabelecer uma ferramenta de comunicação entre as partes interessadas para solucionar os conflitos identificados.

As ações propostas para o critério “Preparação do Trabalho” são: (i) listar todas as ações de preparação, e/ou restrições, para a execução das atividades; e, (ii) desenvolver um processo para executar as ações necessários com até 2 semanas de antecedência ao início da atividade.

Logo, se essas ações venham a ser adotadas pelas equipes de projeto e que, ao mesmo tempo, elas alavanquem o desempenho dos dois critérios para o nível de benchmarking no descritor (Figura 20), segundo a visão do decisor, elas causariam os seguintes impactos locais: (i) “Caminho Crítico” – Pontuação local de 0 para 150; e, (ii) “Preparação do Trabalho – Pontuação local de 0 para 129;

E os impactos globais de: (i) “Planejamento” – Pontuação Global de 57,40 para 92,04 (escala de 0 a 100); e, (ii) “Estratégia de Produção” - Avaliação global do modelo de 53,44 para 66,49 (escala de 0 a 100).

CONCLUSÕES

A evolução da filosofia da manufatura enxuta para construção enxuta e sua aplicação na ICC destacam a importância deste trabalho. Esta aplicação deve ser acompanhada de um processo de avaliação para identificar os aspectos que trazem mais resultados na construção civil. Este trabalho também analisa ferramentas desenvolvidas para esse propósito.

O objetivo da pesquisa, que era construir um modelo de avaliação das oportunidades de melhoria em projetos de construção civil sob a perspectiva da construção enxuta, utilizando a MCDA-C, foi alcançado na seção de “Resultados”. Com a construção do modelo, foi possível: (i) identificar aspectos relevantes da construção enxuta em projetos de construção civil, através dos Elementos Primários de Avaliação e seus conceitos; (ii) construir escalas ordinais e cardinais para medir os objetivos e estabelecer níveis de referência para estas escalas; (iii) traçar o perfil de desempenho atual de um projeto em andamento; (iv) propor ações de aperfeiçoamento do desempenho do projeto avaliado. Identificaram-se critérios onde a empresa possuía desempenho excelente, como "Ritmo de Produção", desempenho de mercado, como "Restrições", e desempenho comprometedor, como "Preparação do Trabalho", sendo propostas ações para melhorar esses critérios.

O estudo limitou-se à área de "Estratégias de Produção". Para um processo completo de avaliação de desempenho de projetos na construção civil, segundo a construção enxuta, é necessário desenvolver as outras cinco áreas identificadas na fase de estruturação: (a) Pilares do Lean; (b) Projeto Integrado; (c) Sustentabilidade da Obra; (d) Cliente; e (e) Usuário Final. Na fase de recomendação dos resultados, o modelo desenvolvido foi utilizado para sugerir ações específicas que poderiam melhorar o desempenho dos projetos avaliados. As recomendações concentraram-se em critérios que apresentaram desempenho abaixo do esperado, como "Preparação do Trabalho". Com base em análises e simulações, foram propostas melhorias práticas, como o aprimoramento dos processos de planejamento e a gestão do ritmo de produção. Essas sugestões têm o objetivo de corrigir as deficiências identificadas e orientar as empresas na adoção de práticas que estejam em consonância com os princípios da construção enxuta, facilitando a aplicação prática das análises realizadas.

Para futuros trabalhos, recomenda-se envolver decisores de diversos setores da construção civil (como construção pesada e industrial) que estejam familiarizados com a construção enxuta, para melhor compreensão e gerenciamento de projetos na construção civil através da MCDA-C.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

- Alarcón, Luis F. et al. (2001). Learning from collaborative benchmarking in the construction industry. In Ninth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-9).
- Baldwin, Carliss Young, & Clark, Kim B. (2000). Design rules: The power of modularity. MIT Press.
- Bana E Costa, Carlos A. et al. (1999). Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process. *European Journal of Operational Research*, 113(2), 315-335.

- Bana E Costa, C. A., & Vansnick, J. C. (1995). Uma nova abordagem ao problema de construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional*, 15, 15-35.
- Beinat, E. (1995). Multiattribute value functions for environmental management. *Timbergen Institute Research Series*.
- Bertelsen, Sven et al. (2005). Modularisation: A third approach to making construction lean? In 13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings (p. 81). International Group on Lean Construction.
- Carvalho, André Brasil et al. (2021). Estudo sobre os fatores de atraso nas obras. *Ambiente Construído*, 21, 27-46. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000300536>
- Checkland, Peter. (1999). Systems thinking. In *Rethinking management information systems* (pp. 45-56).
- De Oliveira, Bruno Fernandes et al. (2010). Um modelo de avaliação do grau de aplicação de ferramentas lean em empresas construtoras: o Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR). *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 2(4), 156-174.
- Dutra, A., Ensslin, L., & Ensslin, S. R. (2000). A constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. *International Transactions in Operational Research – IFORS*, 7, 79-100.
- Eden, C. (1988). Cognitive Mapping. *European Journal of Operational Research*, 36(1), 1-13.
- EFQM. (1999). *Self-Assessment Guidelines for Companies*. European Foundation for Quality Management. Belgium: Brussels.
- Ensslin, S. R. (2002). A incorporação da perspectiva sistêmico-sinérgica na metodologia MCDA construtivista: uma ilustração de implementação (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Ensslin, L., & Ensslin, S. (2008). Notas de Aula da Disciplina MCDA III. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Ensslin, L. et al. (2000). MCDA: A constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. *International Transactions in Operational Research*, 7, 79-100.
- Ensslin, L. et al. (2010). ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI, BRASIL.
- Ensslin, Leonardo, Montibeller, Neto Gilberto, & Noronha, Sandro MacDonald. (2001). Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas. Florianópolis: Insular.
- Etges, BMBS, Saurin, Tarcisio A., & Bulhões, Iamara R. (2013). A protocol for assessing the use of lean construction practices. In *Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 93-102).
- Etges, B. M. B. S., Ten Caten, C.S. (2023). Lean supporting a framework for the construction innovation process. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 81–91. doi.org/10.24928/2023/0157
- Gomes, et al. (2009). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério* (3ª ed.). São Paulo: Ed. Atlas.
- Iudicibus, S. (2004). *Teoria da contabilidade*. São Paulo: Atlas.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2023). *Indústria e Construção*. Acesso em 2024: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria.html>>.
- Jin, Zhigang et al. (2013). Practical framework for measuring performance of international construction firms. *Journal of Construction Engineering and*

- Management, 139(9), 1154-1167. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000729](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000729)
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2001). *The Strategy-focused organization: How balanced scorecard companies thrive in the business environment*. Boston: Harvard Business School Press.
- Keegan, Daniel P., Eiler, Robert G., & Jones, Charles R. (1989). Are your performance measures obsolete? *Strategic Finance*, 70(12), 45.
- Keeney, R. L. (1992). *Value Focused-Thinking: A Path to Creative Decision-making*. Cambridge: Harvard Univ. Press.
- Keeney, Ralph L., & Raiffa, Howard. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174084>
- Kennerley, M., & Neely, A. (2002). A Framework of the Factors Affecting the Evolution of Performance Measurement Systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(11), 1222-1245. <https://doi.org/10.1108/01443570210450293>
- Koskela, Lauri. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Stanford University.
- Koskela, Lauri et al. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, Lauri et al. (2002). The foundations of lean construction. In *Design and construction: Building in value* (Vol. 291, pp. 211-226).
- Lantelme, E., & Formoso, Carlos T. (2000). Improving performance through measurement: the application of lean production and organisational learning principles. In *Proceedings of 8th International Conference of the International Group for Lean Construction*, University of Sussex, Brighton.
- Li, Shuquan et al. (2017). A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 846-851. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.090>
- Lorezon, I. A. (2006). Discussão sobre a medição de desempenho na lean Construction. In *Simpósio de Engenharia de Produção SIMPEP*, 13.
- Maqsood, T. et al. (2007). Facilitating knowledge pull to deliver innovation through knowledge management: A case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 14(1), 94-109.
- McNair, Carol J., Lynch, Richard L., & Cross, Kelvin F. (1990). Do financial and nonfinancial performance measures have to agree? *Strategic Finance*, 72(5), 28.
- Neely, A. (2005). The evolution of performance measurement research: Developments in the last decade and a research agenda for the next. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(12), 1264-1277. <https://doi.org/10.1108/01443570510633648>
- Neely, A., Adams, C., & Crowe, P. (2001). The performance prism in practice. *Measuring Business Excellence*, 5(2), 6-12. <https://doi.org/10.1108/13683040110385142>
- Nudurupati, S. S. et al. (1989). State of the art literature review on performance measurement, 2*(2), 154-161.
- Ohno, Taiichi. (1997). *O sistema Toyota de produção além da produção*. Bookman.
- Richardson, R. J. (1999). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas.
- Rittel, W. J. H., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences*, 4, 155-169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Roberts, F. S. (1979). *Measurement theory*. Addison-Wesley, Reading, MA.

- Roy, Bernard. (1993). Decision science or decision-aid science? *European Journal of Operational Research*, 66(2), 184-203. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90312-B](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90312-B)
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>
- Roy, Bernard, & Vanderpooten, Daniel. (1997). An overview on “The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works”. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 26-27. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00379-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00379-7)
- Sacks, Rafael et al. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968-980. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
- Salem, O. et al. (2004). The path from lean manufacturing to lean construction: implementation and evaluation of Lean Assembly. In *Proceedings of the 12th Annual Conference on Lean Construction*.
- Salem, O. et al. (2005). Site implementation and assessment of lean construction techniques. *Lean Construction Journal*, 2(2), 1-21.
- Sarhan, S., & Fox, A. (2012). Trends and challenges to the development of a lean culture among UK construction organisations. In *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Starr, Martin K. (2010). Modular production—a 45-year-old concept. *International Journal of Operations & Production Management*, 30(1), 7-19.
- Tasca, J. et al. (2010). An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, 34(7), 631-655.
- Vieira, Valter Afonso. (2002). As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. *Revista da FAE*, 5(1).
- Vieira, Lígia Cardoso, De Souza, Lahuana Oliveira, & Amaral, Marques Tatiana. (2012). Application of the Rapid Lean Construction-Quality Rating Model to Engineering Companies. In *Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Zamcopé, C. F., Ensslin, L., Ensslin, S. R., & Dutra, A. (2010). Modelo para avaliar o desempenho de Operadores logísticos - um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão & Produção*, 17(4), 1-13.
- Zanelato, R. (2008). *Construção de um modelo de avaliação de desempenho de serviços de suporte e operação na área de tecnologia da informação com a utilização da metodologia MCDA-C (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Wang, N., Gong, Z., Xu, Z., Liu, Z. & Han, Y. 2021. A quantitative investigation of the technological innovation in large construction companies, *Technology in Society*. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101533>
- Waterman Jr, Robert H., Peters, Thomas J., & Phillips, Julien R. (1980). Structure is not organization. *Business Horizons*, 23(3), 14-26. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(80\)90027-0](https://doi.org/10.1016/0007-6813(80)90027-0)
- Yin, Robert K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Bookman. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>