



**QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA
PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL POR
MEIO DE SISTEMAS *FUZZY* DE INFERÊNCIA**

LISSA GOMES ARAÚJO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA
PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL POR
MEIO DE SISTEMAS *FUZZY* DE INFERÊNCIA

LISSA GOMES ARAÚJO

ORIENTADORA: Dra. MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

BRASÍLIA - DF, FEVEREIRO DE 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, LISSA GOMES

Quantificação da Influência dos Parâmetros da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil por meio de Sistemas *Fuzzy* de Inferência [Distrito Federal] 2019.

182p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2019).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Produtividade

2. Mão de Obra

3. Construção Civil

4. Lógica *Fuzzy*

5. Artefato.

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Mestre)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, L. G. Quantificação da Influência dos Parâmetros da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil por meio de Sistemas *Fuzzy* de Inferência. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação DM-04A/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 182p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Lissa Gomes Araújo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Quantificação da Influência dos Parâmetros da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil por meio de Sistemas *Fuzzy* de Inferência

GRAU: Mestre em Estruturas e Construção Civil

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Lissa Gomes Araújo
Rua Basílio Bezerra, nº 2500
Paris Residence apt 1505, Planalto
64050-200 – Teresina/Piauí – Brasil

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA
PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL POR
MEIO DE SISTEMAS *FUZZY* DE INFERÊNCIA

LISSA GOMES ARAÚJO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

Prof^ª. Dra. Michele Tereza Marques Carvalho
(Orientadora)

Prof. Dr. Francisco Evangelista Júnior
(Examinador Interno)

Prof. Dr. José Carlos Paliari
(Examinador Externo)

BRASÍLIA - DF, FEVEREIRO DE 2019

“A Fé e a Razão caminham juntas, mas a Fé vai mais longe.”

Santo Agostinho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por nunca me abandonar e sempre me abençoar com o pedido mais forte do meu coração e a graça do Seu infinito Amor.

Aos meus pais, Assis e Rosinda, por sempre me incentivarem a estudar mais e mais, e me apoiarem de todas as formas possíveis para isso, e ao meu irmão querido, Guilherme, por me acordar para a vida e por sempre ter a melhor sugestão de álbum para descobrir.

À minha orientadora, professora Michele Carvalho, por aceitar me orientar e por fazer dessa orientação uma verdadeira parceira. Foi um prazer trabalhar com a senhora e aprender com seus valores profissionais e pessoais. Aguardo ansiosa pelos próximos projetos.

Aos amigos de mestrado Patrícia, Yuri e Carla, pelo companheirismo e palavras de incentivo nos encontros pelos corredores e sala de estudo; Juliana e Luiz, incondicionais na alegria e leveza de seguir adiante; Hiago e Antonio, pelas risadas, cafés, conversas leves e conversas sérias e dúvidas tiradas a qualquer hora; Rachel, por dividir surpresas, preocupações e conquistas pessoais. E principalmente à minha querida amiga Ana Beatriz, por me ensinar a trabalhar sem esmorecer e sem perder o zelo, pelas lições de vida e por sempre ser um ombro amigo e um coração aberto, independente da inquietação. Te amo, amiga!

Aos meus amigos em Teresina: Matheus, Giovanna, Ana Carolina (Carol), Helyne (Helynda), Isabela (Bebel), Julianne, Raylla, Rayla, Isabela Nascimento (Isa), Aline, Michele, Thaíssa, Rafael, Mariel, por serem meu porto seguro e me renovarem a cada encontro e palavra amiga durante esses dois anos de idas e voltas à terrinha.

Se você me deu um abraço entre março de 2017 e março de 2019, ele me renovou e me ajudou muito. Muito obrigada!

RESUMO

QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO DE SISTEMAS *FUZZY* DE INFERÊNCIA

O estudo da produtividade nos meios de produção científica já dura mais de 30 anos, mas, na construção civil, a produtividade da mão de obra ainda é de difícil previsão e controle. Além de tentar definir conceitos e unidades de medida, os estudos acadêmicos trabalham para mapear as influências da produtividade, como essas influências atuam e, principalmente, como quantificá-las, visto que muitas possuem aspecto altamente qualitativo. Nesse sentido, as Inteligências Artificiais se apresentam como opção metodológica: são técnicas que analisam dependências em diversos níveis, além de aprender com dados históricos, efetuarem auto-melhoria, adaptação de variáveis linguísticas, entre outros, e inclusive são capazes de expressar subjetividade e incerteza. Os sistemas *fuzzy* de inferência, mais especificamente, já foram julgados como excepcionais para modelar a produtividade da mão de obra. O objetivo geral deste trabalho é propor um artefato para quantificação dos parâmetros de influência da produtividade da mão de obra na construção civil. Para alcançá-lo, primeiro operou-se o mapeamento sistemático da literatura mais recente a fim de compilar uma lista de parâmetros, depois passou-se à criação de um conjunto de sistemas de inferência *fuzzy* para quantificação dos mesmos. O artefato foi então validado em três esferas: teórica, prática e estatística. Por fim, a visão acadêmica foi comparada com a visão mercadológica para analisar quais meios dão mais ou menos importância a quais parâmetros. Foram compilados 37 parâmetros, divididos nas categorias gerencial e técnica e em outras nove subcategorias internas, e os mesmos geraram doze sistemas de inferência *fuzzy*. As validações revelaram que a melhoria da produtividade passa pelo equilíbrio de importância entre soluções técnicas, práticas de gerenciamento eficiente e preocupação com o bem-estar da mão de obra. Apesar disso, a visão acadêmica e a visão mercadológica divergiram, pois, a primeira foi de que os parâmetros gerenciais exercem a mesma influência que os técnicos, enquanto a segunda visão julgou os parâmetros técnicos mais importantes. Independente das visões compiladas, o artefato proposto se mostrou versátil em retratá-las, com potencial para personalização da análise de influências de acordo com a necessidade de cada projeto e a uniformização da linguagem para parâmetros objetivos e subjetivos. À longo prazo, o artefato contribui para o contínuo estudo da modelagem dos problemas da engenharia com o auxílio das inteligências artificiais e, conseqüentemente, a discussão da produtividade da mão de obra de forma mais realista.

Palavras-chave: Produtividade; Mão de Obra; Construção Civil; Lógica *Fuzzy*; Artefato.

ABSTRACT

QUANTIFICATION OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION LABOR PRODUCTIVITY PARAMETERS BY FUZZY INFERENCE SYSTEMS

Scientific studies about productivity already last thirty years, but in the construction industry the construction labor productivity remains hard to predict and control. Beyond defining concepts and measurements, the academic studies work to map the influences of productivity, how they act and how to quantify them, since some of it is highly subjective. For this purpose, artificial intelligences present themselves as a methodological option: they perform dependency analysis in several levels, can learn with historical data, self-improve, adapt with linguistic variables and are able to express subjectivity and uncertainty. The fuzzy inference systems, more specifically, were already deemed exceptional targets for fuzzy set modeling. The goal of this work, therefore, is to propose an artifact for the quantification of construction labor productivity parameters of influence. To reach it, a systematic literature review was initially performed, in order to compile a list of parameters and compose a set of fuzzy inference systems to quantify them. The artifact was then validated in three aspects: theoretical, practical and statistical. Lastly, the academic view was compared with the market view to analyze which means give more or less importance to which parameters. The study was able to compile 37 parameters, grouped into two categories, managerial and technical, and another nine internal subcategories, which generated twelve fuzzy inference systems. The validations revealed that the productivity improvement demands the balance of technical solutions, efficient management practices and the concern with the worker's wellbeing. Despite that, the academic view and the market view diverge, for the first beliefs in the equal importance of managerial and technical parameters, while the last believes that the technical parameters are most important. In the end, regardless of the compiled views, the artifact proposed was able to faithfully portrait them, showing its potential for personalization of the analysis according to the needs of each project and the language standardization to quantify both quantitative and qualitative parameters. On the long term, the artifact contributes to the continuum study of the modeling of engineering problems and, consequently, the discussion of the construction labor productivity on a more realist form.

Keywords: Construction Labor Productivity, Labor, Construction Industry, Fuzzy Logic, Artifact.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CONCEITOS DE PROCESSO E PRODUTIVIDADE.	20
FIGURA 2 – ENTRADAS E SAÍDAS NA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE.	21
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA TRIANGULAR FUZZY.	29
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA TRAPEZOIDAL FUZZY.	30
FIGURA 5 – ETAPAS DE UM SISTEMA FUZZY DE INFERÊNCIA BASEADA EM REGRAS.	33
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA MAMDANI, DO MÉTODO DE INFERÊNCIA MÁXIMO-MÍNIMO.	34
FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA MAMDANI, DO MÉTODO DE INFERÊNCIA MÁXIMO-PRODUTO.	35
FIGURA 8 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DOS MÉTODOS DE DESFUZZIFICAÇÃO CENTRÓIDE (CDA), MÁXIMA PERTINÊNCIA (MAX) E MEIO-DA-MÁXIMA (MDM).	36
FIGURA 9 – RESUMO GERAL DA METODOLOGIA DE PESQUISA, DE ACORDO COM AS ETAPAS DA DESIGN SCIENCE RESEARCH.	40
FIGURA 10 – PROCEDIMENTOS DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA.	42
FIGURA 11 – TELA INICIAL DA FUNÇÃO ‘FUZZY’ DO MATLAB®.	44
FIGURA 12 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS DOS <i>INPUTS</i> DO SISTEMA PARA A ETAPA DE ESCALA TEÓRICA.	46
FIGURA 13 – JANELA DE INSERÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SISTEMA FUZZY DE INFERÊNCIA.	48
FIGURA 14 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DO OUTPUT “PRODUTIVIDADE” DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA.	49
FIGURA 15 – JANELA DE VISUALIZAÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SISTEMA DE INFERÊNCIA, PARA DESFUZZIFICAÇÃO.	49
FIGURA 16 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS DOS <i>INPUTS</i> DO SISTEMA PARA A ETAPA PRÁTICA.	51
FIGURA 17 – PARÂMETROS DIVIDIDOS EM SUBCATEGORIAS E CATEGORIAS, COM INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.	64
FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY DAS SUBCATEGORIAS NA CATEGORIA GERENCIAL.	67
FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY DAS SUBCATEGORIAS NA CATEGORIA TÉCNICA.	68
FIGURA 20 – EXPERIÊNCIA (EM ANOS) COMO GERENTE DE PROJETO DOS PROFISSIONAIS ENTREVISTADOS.	72
FIGURA 21 – MAPA MENTAL APRESENTADO NA SEGUNDA ETAPA DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS ESPECIALISTAS. MODELO GERADO PELO ESPECIALISTA 1.	83

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RANKINGS BASEADOS DAS MEDIDAS DESCRITIVAS DOS PARÂMETROS DE INFLUÊNCIA.....	75
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE MAPEADOS NA LITERATURA.	57
TABELA 2 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS VALORES CRISP DA TABELA 1 NO ARTEFATO.	69
TABELA 3 – MEDIDAS DESCRITIVAS DOS VALORES OBTIDOS POR QUESTIONÁRIO PARA A INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA PRODUTIVIDADE.	74
TABELA 4 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ESTIMADOR r_{pearson} ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.	77
TABELA 5 – VALOR-P DA CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.	77
TABELA 6 – TRANSFORMAÇÃO DOS VALORES CRISP DOS PARÂMETROS EM POSTOS ORDINAIS PARA EXECUÇÃO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN.	79
TABELA 7 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ESTIMADOR r_{spearman} ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.	79
TABELA 8 – VALOR-P DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.	79
TABELA 9 – INTERVALOS DE CONFIANÇA DOS VALORES CRISP PRÁTICOS DOS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE.	81
TABELA 10 – RESULTADOS DE SAÍDA DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DOS MODELOS DE TODOS OS ENTREVISTADOS.	84
TABELA 11 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE SAÍDA DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DOS MODELOS TEÓRICO E PRÁTICOS.	86
TABELA 12 – COMPARAÇÃO EXPANDIDA DOS MODELOS TEÓRICO E PRÁTICO DE INFLUÊNCIA GERADOS PELO ARTEFATO.	94

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.1.1	Conceitos e Classificações: O Índice Produtividade	19
2.1.2	Outras Formas de Definir a Produtividade: Parâmetros de Influência	22
2.1.3	Métodos de Quantificação: Modelos de Produtividade.....	24
2.2	CONJUNTOS <i>FUZZY</i> E LÓGICA <i>FUZZY</i>	28
2.2.1	Conceitos <i>Fuzzy</i> : A Pertinência Variável	28
2.2.2	Representação Analítica de Conjuntos <i>Fuzzy</i>	29
2.2.2.1	<i>Funções Triangulares</i>	29
2.2.2.2	<i>Funções Trapezoidais</i>	30
2.2.3	Sistema Fuzzy de Inferência Baseado em Regras (<i>Fuzzy Rule-Based Inference System</i>)	30
2.2.3.1	<i>Variáveis Linguísticas e Operações</i>	30
2.2.3.2	<i>Etapas do Sistema Fuzzy de Inferência Baseado em Regras</i>	32
2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	39
3.1	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA: Coleta e Classificação dos Parâmetros de Influência da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil	41
3.2	QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS: Sistemas <i>Fuzzy</i> de Inferência Baseados em Regras	43
3.2.1	Inputs do Sistema, ou Fuzzificação: quantificação da influência do parâmetro em relação à produtividade por meio de variáveis linguísticas “alto”, “médio” ou “baixo”	45
3.2.2	Composição da base de regras (regras ‘se-então’): combinação dos valores <i>fuzzy</i> dos parâmetros para gerar a influência na produtividade.....	46
3.2.3	Desfuzzificação para normatização dos valores α : conversão dos valores <i>fuzzy</i> em <i>crisp</i>	48
3.3	VALIDAÇÃO DO ARTEFATO DE QUANTIFICAÇÃO.....	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA.....	55
4.2	QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS.....	63
4.3	VALIDAÇÃO DO ARTEFATO DE QUANTIFICAÇÃO.....	71

4.3.1	Questionário (1ª etapa): Quantificação dos Parâmetros	72
4.3.2	Questionário (2ª etapa): Categorias e Subcategorias	81
4.4	A CONTRIBUIÇÃO DO ARTEFATO DE ACORDO COM A <i>CONSTRUCTIVE RESEARCH</i>	87
4.5	VISÃO ACADÊMICA <i>VERSUS</i> VISÃO MERCADOLÓGICA: OS PARÂMETROS MAIS IMPORTANTES	92
5	CONCLUSÕES	96
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	98
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICES.....	113
	APÊNDICE A – BASES DE REGRAS INSERIDAS NO MATLAB	114
	SUBCATEGORIA “PSICOLÓGICO DA MÃO DE OBRA”	114
	SUBCATEGORIA “FÍSICO DA MÃO DE OBRA”	116
	SUBCATEGORIA “EXTRÍNSECO À MÃO DE OBRA (A) ”.....	119
	SUBCATEGORIA “EXTRÍNSECO À MÃO DE OBRA (B) ”	120
	SUBCATEGORIA “INTRÍNSECO À MÃO DE OBRA”	121
	SUBCATEGORIA “PLANEJAMENTO DA GERÊNCIA”	121
	SUBCATEGORIA “HABILIDADE DA GERÊNCIA”	124
	SUBCATEGORIA “OBRA”	127
	SUBCATEGORIA “PROJETO”	130
	SUBCATEGORIA “EMPRESA”	132
	CATEGORIA “GERENCIAL”	135
	CATEGORIA “TÉCNICO”	159
	APÊNDICE B – MENSAGEM INICIAL E CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA) AOS GERENTES DE PROJETO	161
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA) ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO	163
	APÊNDICE D – RESUMO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA) ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO.....	173
	APÊNDICE E – MENSAGEM INICIAL E CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO (2ª ETAPA) AOS GERENTES DE PROJETO	180
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO (2ª ETAPA) ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO	181

INTRODUÇÃO

Objetivo Geral

Objetivos Específicos

Justificativa

Limitações do Trabalho

Estrutura do Trabalho

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é fonte de contínuo fascínio, desde os primórdios da civilização até os dias mais atuais, registrando o avanço do tempo e a evolução da humanidade com as mais resistentes assinaturas: as edificações. Os edifícios tomam os mais diversos significados, desde seu retrato histórico e sua simbologia de necessidade humana e bem-estar social, até o seu expressivo aspecto econômico. O último, mais especificamente, toma a construção civil como termômetro de mercado e demonstrativo de estabilidade econômica das nações.

Dada a importância da construção civil, sua eficiência é igualmente preocupante. É do interesse dos profissionais que os recursos sejam controlados e utilizados de forma mais rentável, e que a busca por essa melhoria seja constante e acompanhe as possibilidades disponibilizadas pelas novas tecnologias. E essa preocupação se traduz mais comumente no aprofundado estudo da produtividade na construção civil.

Nos meios acadêmicos, as buscas pelas influências da produtividade da mão de obra na construção civil já duram no mínimo 30 anos (HASAN *et al.*, 2018). Do ponto de vista técnico, também é um dos tópicos mais frequentemente discutidos, por conta da sua importância para a rentabilidade de muitos projetos de construção (YI; CHAN, 2014). Em todas as indústrias, produtividade da mão de obra é considerada um dos melhores indicadores de eficiência de produção (LEE, M. *et al.*, 2017). Cheng, T. *et al.* (2013) afirmam que uma abordagem eficiente e em tempo hábil no gerenciamento da produtividade é crucial para o sucesso de projetos e empresas de construção.

Porém, mesmo com as extensas pesquisas já desenvolvidas, muitos aspectos desse estudo continuam divergindo, como quanto à uma definição precisa da produtividade e a melhor das suas diversas expressões matemáticas, ou até quanto ao aspecto regional dos fatores que a influenciam. Além disso, uma medição comprovadamente eficaz e uma abordagem aderente da modelagem dos parâmetros de produtividade não foi desenvolvida até hoje (TSEHAYAE; FAYEK, 2014), o que poderia representar uma fonte significativa de vantagem competitiva para as empresas (PEKURI *et al.*, 2011).

A melhoria da produtividade buscada pela indústria da construção geralmente é alcançada por aspectos técnicos: ferramentas e maquinário, mais facilmente aplicáveis à realidade da construção. Essas opções estão à disposição do gerente de obras que, de acordo com sua necessidade e recursos, emprega a mais apropriada para melhorar a produtividade. Justamente por isso, a consciência gerada sobre esses aspectos já trouxe diversas mudanças

para a indústria: racionalização, normatização de projeto, uso de *softwares* para visualização das opções de paralelismo de atividades e distribuição de recursos, contagem de equipamentos e ferramentas, entre outros.

Porém, existem também opções de aspectos não-técnicos, que podem proporcionar um ganho extra de produtividade, sem acréscimos econômicos ou de reforços físicos. Indo além, as mudanças não-técnicas podem representar oportunidades de mudança de cultura da produção em uma obra, ao invés de simples ações corretivas que muitas vezes acabam não sendo absorvidas em definitivo pelo meio profissional e reaplicadas em projetos subsequentes. Algumas pesquisas, comentadas mais adiante, já trazem discussões sobre motivação da mão de obra, métodos de incentivo, segurança do trabalho, supervisão e comunicação, entre outros, como comprovadamente influentes na tentativa de melhoria da produtividade, indo além da oferta de melhores materiais e métodos construtivos. São opções que nem sempre representam mais investimento, apenas mudanças de perspectiva do gerente de obras. Aspectos mais abstratos, de quantificação imprecisa, mas ainda assim influentes, e possivelmente controláveis, como a composição de equipes de trabalho, absenteísmo e capacitação da mão de obra. Vão além da visão micro do gerenciamento sobre uma atividade, mas expandem para abranger o projeto e a cultura da empresa.

Reconhecer o impacto de aspectos não-técnicos na produtividade da construção civil significa inserir variáveis mais complexas na análise das suas influências, ou seja, variáveis qualitativas, influências implícitas, interdependências, entre outros. Com o aumento da complexidade, aumenta-se o realismo da análise, a fidelidade do retrato do problema (GOMIDE *et al.*, 1995), e entender os fatores que afetam a produtividade da mão de obra na construção ajudará projetistas a desenhar estruturas que podem ser construídas de forma mais eficiente e vai habilitar construtores a melhor estimar, planejar, programar e gerenciar atividades (YI; CHAN, 2014).

Assim como o tema se amplia de acordo com as necessidades de um mercado em constantes mudanças, a própria tecnologia mostra uma potencial solução para o problema da previsão da produtividade. Os métodos de pesquisa evoluíram para, aproveitando o aumento de processamento dos computadores nos últimos 20 anos, modelar cenários complexos, dependentes de centenas ou milhares de variáveis com relações implícitas e explícitas, em *softwares* computacionais cada vez mais acessíveis, permitindo então chegar mais perto de modelos de produtividade que conseguem simular a verdadeira complexidade dos seus diversos parâmetros de influência. Um exemplo são os métodos chamados Inteligências Artificiais, que

trazem análises de dependências em diversos níveis, capacidade de aprender com dados históricos, auto-melhoria, adaptação de variáveis linguísticas, entre outros (TSEHAYAE; FAYEK, 2016a), e inclusive são capazes de expressar subjetividade e incerteza.

A lógica *fuzzy*, por exemplo, cuja criação é atribuída a Zadeh (1965), sustenta que a maioria dos objetos encontrados no mundo físico não possui um critério preciso de pertinência. Inclusive conceitos precisos, como por exemplo, números maiores que 1, podem ser expressos com uma pertinência variável: o número 10 é maior que o número 1, mas em proporção muito menor que a comparação do número 100 com 1, por exemplo. Zadeh (1965) defendeu que os conjuntos *fuzzy* tem um escopo mais abrangente que os conjuntos ordinários: a pertinência variável expressa por conceitos *fuzzy* representa a possibilidade de inserção da incerteza no entendimento de um problema, também interpretada como flexibilidade e subjetividade. Seria a aproximação máxima da definição de um problema, sem a necessidade de extrema simplificação do mesmo (ROSS, 1995).

Assim sendo, a lógica *fuzzy* tem o potencial de permitir a inserção de variáveis qualitativas e aspectos não-técnicos nos modelos de produtividade da mão de obra, aumentando a complexidade e também a fidelidade do modelo, e permitindo analisar mais profundamente as influências da produtividade, indo além da simples racionalização das entradas e saídas.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo para a quantificação das influências dos parâmetros da produtividade da mão de obra na construção civil, usando sistemas de inferência *fuzzy* baseados em regras.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compilação de uma lista de parâmetros que influenciam a produtividade da mão de obra na construção civil, registrados ao longo da literatura disponível;
- Proposição de um modelo constituído de um conjunto de sistemas *fuzzy* de inferência baseados em regras para quantificar as influências dos parâmetros da produtividade;
- Validação do modelo em três esferas: teórica, comparativamente à literatura obtida; prática, por meio de questionários enviados a gerentes de projetos; e estatística, por meio de medidas descritivas, intervalos de confiança e correlação estatística;

- Comparação da visão acadêmica e da visão mercadológica em relação aos parâmetros de produtividade mais influentes.

1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho não buscou explorar exhaustivamente a literatura disponível, a fim de encontrar todo e qualquer parâmetro de produtividade já discutido. O retrato da literatura aqui discutido é mais atual, de 2010 até o presente. Acredita-se que os parâmetros da produtividade mais importantes e aplicáveis ao atual mercado foram passados adiante, como que por “seleção natural”, pelo meio acadêmico, e, portanto, continuam em discussão e apreciação, estando refletidos no recorte escolhido para este estudo.

Além disso, este trabalho não quantificou a produtividade em si, ou seja, uma quantidade de entradas que produziu uma quantidade de saídas. O modelo proposto, que é constituído por sistemas de inferência *fuzzy*, quantificou a influência da produtividade por meio de variáveis linguísticas, ou seja, apresentou uma técnica para atribuir um valor às percepções qualitativas dos parâmetros, e sua interdependência, que culminou na influência da produtividade.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: breve contextualização da problemática que guiou o trabalho, seguida da hipótese de pesquisa, objetivos gerais e específicos, e as limitações do trabalho.

Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA: comenta a literatura pertinente ao tema de pesquisa, dividida de forma macro em duas partes: produtividade da mão de obra, desde os conceitos e mensurações até os diferentes parâmetros e classificações, e o estado da arte; e os conceitos de conjuntos *fuzzy*, lógica *fuzzy* e sistemas *fuzzy* de inferência.

Capítulo 3 – METODOLOGIA: descrição dos passos metodológicos da pesquisa, enquadrados na *Design Science Research*, a fim de alcançar os objetivos específicos já citados. Primariamente dividida em três partes: mapeamento sistemático da literatura, desenvolvimento do modelo de quantificação, e validação do modelo.

Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES: exposição e discussão dos resultados obtidos, referentes à identificação dos parâmetros de produtividade, divididos primariamente em gerenciais e técnicos; desenvolvimento do modelo, formado por um conjunto de sistemas *fuzzy* de inferência; validação do modelo nas três esferas comentadas; e contribuição dos resultados para entender a importância das visões acadêmica e mercadológica, gerencial e técnica.

Capítulo 5 – CONCLUSÕES: retomada dos objetivos específicos e como estes foram alcançados, e enumeração das contribuições da pesquisa, não só as próprias, mas a esperança de avanço com a sugestão para trabalhos futuros.

Após o capítulo 5, são registradas as referências bibliográficas comentadas ao longo deste documento e os apêndices pertinentes.

REVISÃO DA LITERATURA

Produtividade na Construção Civil

Conjuntos Fuzzy e Lógica Fuzzy

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo está dividido em duas partes principais. A primeira discute a produtividade na construção civil a fundo: algumas definições disponíveis na literatura e as dificuldades relacionadas às fronteiras desse conceito, os parâmetros de influência e suas classificações, e as discussões sobre a utilidade desse índice, e os modelos já desenvolvidos.

A segunda discute os conceitos *fuzzy* utilizados neste trabalho, desde definições pertinentes dos seus conjuntos, passando pelo uso de variáveis linguísticas, até as características de um sistema *fuzzy* de inferência.

2.1 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A produtividade da mão de obra na construção civil é uma temática prolífica no meio acadêmico, conseqüentemente, já foi analisada com diversas abordagens e hipóteses. O modo como a produtividade é definida e discutida a seguir, porém, é uma forma resumida dos conceitos e temas mais pertinentes a este trabalho, sem intenção de ser abrangente ou definitiva.

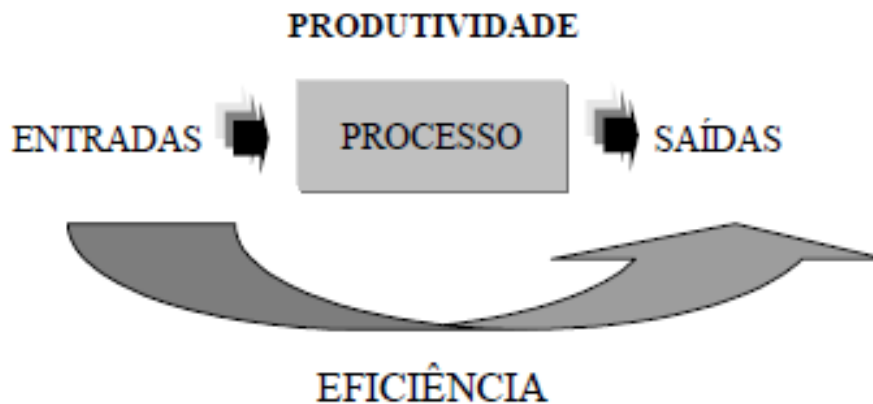
2.1.1 Conceitos e Classificações: O Índice Produtividade

A maioria dos economistas concorda com a importância da produtividade, seja para uma empresa individualmente, ou uma indústria, ou a economia de um país. Infelizmente, essa concordância não se estende à uma precisa definição do termo “produtividade”, ou qual das inúmeras alternativas para medi-la é adequada para determinado objetivo (YI; CHAN, 2014). Pekuri *et al.* (2011) afirmam que as vastas discussões contribuíram para interpretações múltiplas do conceito, e que, apesar de comumente usado por acadêmicos e profissionais da indústria, o termo geralmente é mal definido ou empregado como sinônimo de rentabilidade ou desempenho, justificando o fato da produtividade se tornar um conceito ambíguo que parece depender do ponto de vista do revisor ou do contexto no qual aparece.

Entre as definições disponíveis, inicialmente a NBR ISO 9.000 define um processo como um “conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas)”. O produto pode ser um serviço, informações, materiais (brutos ou processados), e equipamentos (ABNT, 2015). A produtividade seria a eficiência com que o processo é executado (CBIC, 2017), ou seja, a busca pela menor inserção de *inputs* no

sistema que geraria um *output* de mesmo valor ou aplicabilidade. Essas definições, herdadas dos conceitos de engenharia de produção, estão esquematizadas na Figura 1.

FIGURA 1 – CONCEITOS DE PROCESSO E PRODUTIVIDADE.



Fonte: Adaptado de Souza (2001).

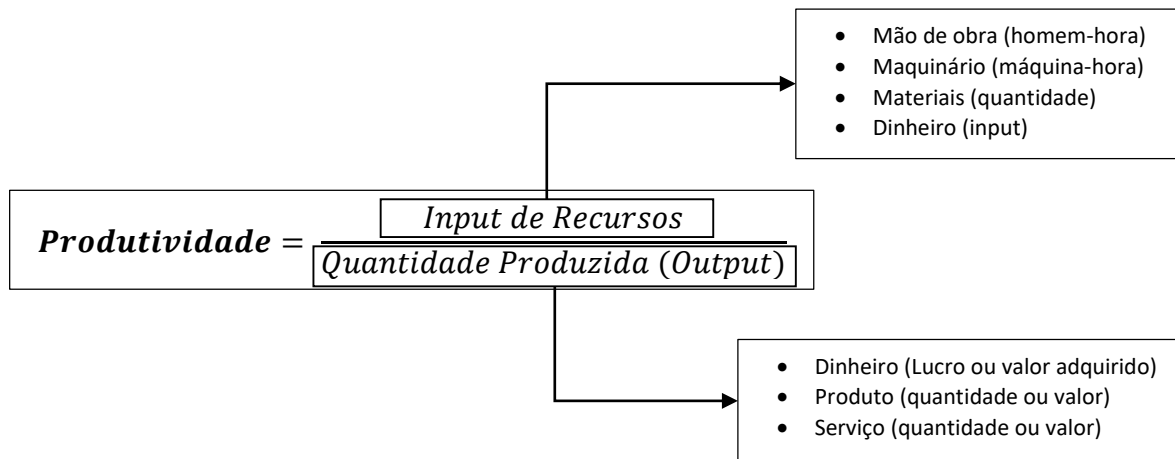
Especificando o conceito geral à construção civil e seus recursos, surge o conceito de “*hourly outputs*”, traduzido como saídas horárias. Esse índice é largamente usado para medir a produtividade da mão de obra em pesquisas sobre construção civil (HANNA *et al.*, 2008; KISI *et al.*, 2016; THOMAS, M.; YIAKOUMIS, 1987; YI; CHAN, 2014), no qual a hora de trabalho real é a entrada e a unidade física de trabalho completado é a saída, e os valores menores indicam desempenho melhor. É uma definição familiar para a literatura brasileira, já que o índice mais usado em estudos de casos no Brasil é a RUP – Razão Unitária de Produção, similarmente obtida pela divisão de homem-hora trabalhada pela unidade produzida de trabalho, padronizado por Souza (1996).

As saídas horárias, porém, são apenas um dos recortes possíveis entre as diversas entradas e saídas passíveis de inserção em um processo, como mostra a Figura 2. De acordo com Hanna *et al.* (2008), a escolha das entradas e saídas e, conseqüentemente, da visão da produtividade, depende do interesse do usuário. Economistas, por exemplo, a definem como a razão entre o *input* total de recursos e o *output* total de produtos. Para a construção civil, os recursos podem ser mão de obra, material, equipamento, entre outros, e o *output* pode ser o valor total, em unidades monetárias, da construção gerada. Porém, os gerentes de projeto e profissionais de construção adaptam esse conceito para a razão entre as horas recebidas, em questão de salários e recompensas, e as horas realmente gastas, ou horas usadas.

De acordo com os *inputs* e *outputs* escolhidos para a medição da produtividade, Cheng, T. *et al.* (2013) a classificam em Produtividade de Múltiplos Fatores, também chamada de Produtividade de Fatores Totais, na qual consideram-se todas as entradas para gerar a saída,

entre equipamentos, mão de obra, materiais, capital; ou Produtividade de Único Fator, também chamada Produtividade de Fator Parcial, na qual se considera apenas uma entrada para produção da saída, como por exemplo, as horas trabalhadas da mão de obra. A produtividade da mão de obra, portanto, é de fator parcial, mas é aquela com maior potencial de melhoria, visto que a indústria da construção civil é altamente dependente de trabalho intensivo (DURDYEV *et al.*, 2018; JARKAS, 2010a; YI; CHAN, 2014).

FIGURA 2 – ENTRADAS E SAÍDAS NA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE.



Fonte: Adaptado de Durdyev *et al.* (2018).

Outra classificação amplamente adotada (CHENG, T. *et al.*, 2013; SHEHATA; EL-GOHARY, 2012; YI; CHAN, 2014) é a divisão da produtividade em níveis: ao nível de atividade, ao nível de projeto e ao nível de indústria. Os dados para cálculo da produtividade se tornam mais abrangentes a cada nível, passando de horas trabalhadas e quantidade de trabalho instalada até o lucro bruto da indústria do país em dólares (YI; CHAN, 2014). Ma *et al.* (2016) acrescentam mais um nível, o da organização/empresa, além de caracterizarem essa evolução de ponto de vista como indo da microperspectiva, passando pela meso, à macroperspectiva. Tsehayae e Fayek (2014) a expandem ainda mais a fim de categorizar satisfatoriamente todos os parâmetros de produtividade utilizados em sua pesquisa, e os níveis são: atividade, projeto, organização, província, nacional e global.

Além das diversas definições e medições da produtividade, o termo em si se confunde com outros, e entre eles, “desempenho” parece ser o mais comum. Cheng, T. *et al.* (2013) citam custo, tempo e qualidade, o triângulo de ferro (ATKINSON, 1999), como fortemente relacionados ao alcance da produtividade esperada e que, por isso, a produtividade é muito utilizada como um indicador de desempenho. Já Oglesby *et al.* (1989 apud LEE, M. *et al.*, 2017) comentam que desempenho envolve todos os aspectos do processo de construção e engloba

quatro elementos principais: produtividade, tempo hábil, qualidade e segurança. Dadi *et al.* (2014) citam o mesmo conceito, mas afirmam que apesar da correlação dessas categorias, a produtividade é a preocupação mais significativa da indústria. Não é incomum, inclusive o uso do termo “desempenho da produtividade” (*productivity performance*, em inglês) (CHENG, T. *et al.*, 2013; GOLABCHI *et al.*, 2016; NASIR, H. *et al.*, 2016; VOGL; ABDEL-WAHAB, 2014), no qual o desempenho se reduz à compreensão da produtividade de um projeto (KISI *et al.*, 2016).

2.1.2 Outras Formas de Definir a Produtividade: Parâmetros de Influência

Apesar de não haver consenso em relação aos conceitos anteriormente explicados, outros trabalhos sobre a produtividade da mão de obra na construção já ampliaram o foco das discussões, ressaltando outros aspectos do índice, como por exemplo, o aspecto geográfico, e a evolução de acordo com o desenvolvimento da indústria (CHATURVEDI *et al.*, 2018; DURDYEV *et al.*, 2018).

O aspecto geográfico se torna evidente com a preocupação em identificar a indústria sondada: El-Gohary e Aziz (2014) no Egito, Durdyev e Ismail (2016) na Malásia, Bierman *et al.* (2016) na África do Sul, Naoum (2016) no Reino Unido, entre outros trabalhos. Ghodrati *et al.* (2018) também chamam a atenção para o importante papel desempenhado pela localização do estudo, e como isso pode limitar a sua generalização.

Assim como o aspecto geográfico, outras características da obra, do projeto ou do mercado podem influenciar a produtividade. Como ressalta Souza (2001), o entendimento da produtividade passa pela detecção dos fatores que fazem a mesma variar e pela quantificação de tal influência. Tsehayae e Fayek (2016b) chamam a atenção para os fatores que afetam a produtividade e, indo além de aspectos quantitativos ou caracterizações pontuais de influência, também para as práticas de gerenciamento e outros métodos que podem afetar as entradas e saídas do processo. Por isso, Tsehayae e Fayek preferem usar o termo “parâmetros”, que agrupa fatores e práticas.

Os parâmetros técnicos, ou somente fatores (TSEHAYAE; FAYEK, 2016b), são aqueles diretamente ligados à materiais, equipamentos, ferramentas, métodos construtivos, treinamento, ou seja, parâmetros de natureza ou consequência física, mais objetivos. Estes são tomados como conhecimento comum na indústria de melhoria da produtividade, de acordo com sua disponibilidade, qualidade e adequação ao projeto nos quais são empregados. Esses são também mais visíveis a nível de atividade, mas também podem ser visualizados a nível de

projeto. Outros exemplos desses fatores são escolha entre estruturas de concreto ou metálicas, uso de equipamentos em canteiro, entre outros.

Os parâmetros gerenciais, por outro lado, ou as práticas (TSEHAYAE; FAYEK, 2016b), são metodologias, formas de organização de recursos, inclusive humanos, e habilidades de liderança opcionais quanto à aplicação em um projeto; não necessariamente quantificáveis, de certa forma intangíveis, mas bem recomendadas pelos profissionais da área: são procedimentos anteriormente aplicados, e posteriormente sistematizados, que já deram certo em outros projetos. Os parâmetros gerenciais incluem planejamento prévio, gerenciamento eficiente, aplicação de conceitos de *benchmarking* e construção enxuta, entre outros.

Entre os trabalhos que citam parâmetros técnicos na influência da produtividade, Ansari *et al.* (2016) comentam o uso de pré-moldados e pré-fabricados, e a importância dada ao uso dessas estratégias pelos profissionais da indústria, por meio de questionário. Hanna *et al.* (2013) também comentam o uso de pré-fabricados, mais especificamente na indústria elétrica. Jarkas (2010a) analisa detalhes técnicos relativos a fôrmas usadas em concretagem de colunas, assim como, em outro trabalho, compara a produtividade da execução de lajes sem ou com vigas (JARKAS, 2017). O mesmo autor também comenta em diversos trabalhos os conceitos de construtibilidade, racionalização e industrialização (JARKAS, 2010b, 2012a, 2012b), assim como a influência da curva de aprendizado e sua correlação com as variações de projetos de construção civil (JARKAS, 2010c, 2016).

Os trabalhos que comentam parâmetros gerenciais focam em técnicas de planejamento e gerenciamento e suas aplicações, como Construção Enxuta (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014; GONZÁLEZ *et al.*, 2011), uso de *buffers* de cronograma na melhoria do fluxo de produção (ARASHPOUR *et al.*, 2014), uso de *work sampling* para avaliação da parcela de trabalho direto aplicada ao serviço, a fim de diminuir tempos ociosos e de transporte de materiais e equipamentos (GOUETT *et al.*, 2011), *benchmarking* (NASIR, H. *et al.*, 2016; ZHANG, D. *et al.*, 2017), *Last Planner System* (WAMBEKE *et al.*, 2012), assim como estudos aprofundados sobre motivação (JARKAS; RADOSAVLJEVIC, 2013; YEHEYIS *et al.*, 2016) e absenteísmo dos trabalhadores (AHN *et al.*, 2013; SICHANI *et al.*, 2011; SROUR *et al.*, 2017).

Pode-se assumir que a diferença mais importante entre os parâmetros técnicos e gerenciais seja a possibilidade de quantificação. Porém, isso é impreciso, e não exclusivo de apenas um tipo de aspecto. A construtibilidade, por exemplo, quando tomada do ponto de vista

de adequação de projetos e uso de métodos construtivos acessíveis e adequados à obra, assume um aspecto técnico. Porém, a construtibilidade não é quantificável, ou seja, poderia ser classificada como gerencial, e além disso, pode ser consequência de uma série de outros parâmetros influentes que transitam entre as duas classificações, como racionalização de projeto (técnico) e coordenação entre as etapas de projeto (gerencial).

Previsivelmente, alguns parâmetros encontrados na literatura podem ser interpretados de ambos os pontos de vista, ou por serem muito gerais, ou por realmente não se encaixarem em nenhuma das definições. Por exemplo, condições climáticas adversas (chuva, calor extremo, situações imprevistas, entre outros) podem exigir equipamento adequado, assim como a forma de lidar com esses casos é basicamente dependente de decisão gerencial.

Dado o esforço, é notável a dificuldade acadêmica de concordar sobre uma classificação, mas a discussão é importante para o entendimento da natureza complexa da produtividade. Por isso, as divisões acabam retratando o autor que as criou, e a perspectiva particular do mesmo. A subjetividade de tais sistemas de influência é ponto de concordância entre os pesquisadores (KISI *et al.*, 2016; TSEHAYAE; FAYEK, 2016b).

2.1.3 Métodos de Quantificação: Modelos de Produtividade

De acordo com Tsehayae e Fayek (2016b), o maior desafio na medição e documentação dos parâmetros que influenciam a produtividade da mão de obra na construção tem origem nos conceitos subjetivos envolvidos ao defini-los. Essa dificuldade foi comprovada anteriormente, na tentativa de dividir os parâmetros em aspectos técnicos e gerenciais. Porém, ao invés de evitar essa natureza, os estudos começaram a incorporar a subjetividade, e inclusive focar nela como uma preocupação importante no planejamento de pesquisa.

Fayek e Oduba (2005) complementam que os problemas relacionados à análise da produtividade da mão de obra têm a ver com a imprecisão herdada por conceitos linguísticos e julgamentos subjetivos usados na tomada de decisões. Os autores citam diversos termos constantemente usados na indústria da construção que podem ser classificados como variáveis linguísticas: longa duração, gerenciamento pobre, alta probabilidade, etc.

Um dos primeiros modelos de produtividade foi apresentado por Thomas, H. e Yakoumis (1987), chamado Modelo dos Fatores. Segundo eles, o trabalho de uma equipe é afetado por inúmeros fatores que levam a distúrbios de desempenho aleatórios e difíceis de prever. A curva real de produtividade é resultado do efeito cumulativo desses fatores, porém, se fosse possível removê-los matematicamente da curva, o que restaria seria a curva de

produtividade ideal. A curva real é irregular e difícil de interpretar, enquanto a curva ideal é suave e demonstra melhorias de desempenho atribuídas às atividades repetitivas. Além da curva de aprendizado, os autores também incluíram interferências climáticas em seu modelo, ambas pioneiramente abarcadas nessa discussão.

Gomide *et al.* (1995) comentam que é muito difícil identificar a equação que descreve precisamente um sistema, especialmente aqueles complexos e de múltiplas variáveis, geralmente não-lineares e variantes no tempo. A descrição de um processo físico em uma linguagem universal, dadas essas dificuldades, podem tornar necessária a simplificação do modelo ou a busca por soluções aproximadas, como os métodos numéricos. O Princípio da Incompatibilidade de Zadeh resume que, à medida que a complexidade do sistema aumenta, a possibilidade de descrevê-lo com equações matemáticas diminui.

Atualmente, ainda se acredita que a produtividade é fortemente influenciada por fatores relacionados ao contexto da obra e ao conteúdo da atividade, porém, as técnicas de modelagem atuais permitiram incorporar processamento computacional e estatístico aos modelos, tornando a análise mais aprofundada. Entre os mais populares, estão a análise de regressão, modelos estatísticos, *expert systems* e inteligência artificial.

Shan *et al.* (2016) identificaram sete programas de gerenciamento por meio de *benchmarking* e questionários, a fim de encontrar a correlação entre a implementação desses programas, em alta ou baixa escala, e a produtividade quantificada correspondente. Por meio de testes estatísticos, eles concluíram que a correlação analisada varia com a atividade estudada.

O trabalho de Ghodrati *et al.* (2018) consistiu na criação de um índice de avaliação de estratégia de gerenciamento (MSAI), com o intuito de colaborar para a quantificação das estratégias de gerenciamento da construção civil e a sua relação com a melhoria da produtividade da mão de obra. Os autores não usam índices de produtividade propriamente ditos, mas uma medida da percepção dos especialistas entrevistados, ou seja, uma espécie de índice de produtividade subjetivo. A metodologia aplicada pelos autores foi majoritariamente estatística.

Porém, Yi e Chan (2014) comentam que análises estatísticas e de regressão são limitadas pelo número de parâmetros que podem ser incluídos no estudo, além de sua baixa capacidade de medir a combinação dos mesmos. Os autores então passam a comentar as novas soluções adotadas, chamadas Inteligências Artificiais.

Azadeh *et al.* (2018) criaram um algoritmo para identificar e otimizar os fatores que afetam a produtividade em projetos da indústria do petróleo. O algoritmo é multi-metodológico: usa *data envelopment analysis* (DEA), redes neurais artificiais (ANN), redes adaptativas baseadas em sistemas de inferência *fuzzy* (ANFIS), regressão convencional e regressão *fuzzy*. Os grupos de fatores saúde, segurança e ambiente, fatores econômicos e gerenciamento foram indicados como os fatores mais influentes. Os métodos usados estão entre os mais popularmente aplicados nos últimos estudos de produtividade da mão de obra.

Heravi e Eslamdoost (2015), após aplicação de redes neurais para mapear os parâmetros que influenciam a produtividade da concretagem de fundações em usinas de energia à gás e vapor, sugeriram lógica *fuzzy* como uma ferramenta indispensável na modelagem da produtividade, pois possibilita a avaliação da subjetividade dos parâmetros por meio de variáveis linguísticas. A complexidade do problema, devido à grande quantidade de variáveis subjetivas, e a baixa quantidade de dados disponíveis, torna a produtividade da mão de obra o alvo perfeito para modelagem com conjuntos *fuzzy*. Tsehayae e Fayek (2016a) complementam que a incerteza encontrada nesses problemas, que é insuficientemente resolvida por modelagem estatística e teoria probabilística, a torna um alvo excepcional para a modelagem *fuzzy*. Gomide *et al.* (1995) concordam, afirmando que o uso da lógica *fuzzy* permite a redução da complexidade do projeto.

Entre as aplicações da lógica *fuzzy*, Fayek e Oduba (2005) criaram um modelo de sistema *expert fuzzy* para analisar a produtividade da mão de obra na construção industrial, mais precisamente em duas atividades: armação e solda de tubulações de carbono e de liga de aço. Com os dados coletados em uma obra em Alberta, Canadá, que reformou um sistema de transporte de betume para 150 mil barris por dia, os autores analisaram a compatibilidade numérica e linguística da produtividade, ou seja, se a produtividade prevista estava no mesmo intervalo da produtividade real, e também classificada sob a mesma variável linguística da escala estabelecida pelo estudo. A compatibilidade numérica variou de 38 a 49%, enquanto a compatibilidade linguística variou de 50 a 86%. Os autores chamaram a atenção para a utilidade da lógica *fuzzy*, dado que o problema apresentava limitações quanto a avaliações subjetivas, múltiplos fatores de influência, e um número limitado de dados obtidos.

Nojedehi e Nasirzadeh (2017) também trabalharam com lógica *fuzzy* combinada com *system dynamics*. Os autores apontam a necessidade de incorporar incerteza e retratar a estrutura inter-relacionada dos fatores em modelos de produtividade. Outros autores também aproveitam a lógica *fuzzy* para incorporar incerteza em métodos acadêmicos consagrados, como regressão

fuzzy (AZADEH *et al.*, 2018) e processo de análise hierárquica *fuzzy* (MOSTAFAVI *et al.*, 2012), todos com o objetivo de modelar a produtividade da mão de obra na construção. Outros trabalhos empregaram *fuzzy* em parâmetros específicos como mudanças de escopo, classicamente chamadas na literatura internacional de *change orders* (CHENG, M. *et al.*, 2015; KHANZADI *et al.*, 2018) ou motivação da mão de obra (YEHEYIS *et al.*, 2016).

A motivação foi o *output* de um sistema de inferência *fuzzy* exclusivo desenvolvido por Yeheyis *et al.* (2016), composto de 27 regras e funções de pertinência triangulares e trapezoidais, que relacionavam como *input* os três tipos de tempo gastos numa atividade: tempo de trabalho, tempo de busca por materiais e ferramentas, e tempo ocioso. O híbrido de *fuzzy* com escala *Likert* desenvolvido para o estudo se provou mais preciso para medir a motivação da mão de obra, especialmente em relação aos valores extremos, além de mais facilmente explicável e prático.

Tsehayae (2015) aponta eficientemente em seu trabalho alguns dos problemas dos modelos de produtividade já sugeridos anteriormente, como o fato de que a relação entre a produtividade e suas variáveis é altamente complexa e não-linear, dificultando o uso de análise de regressão, por exemplo; ou a alta demanda por dados históricos exigida por outras técnicas como redes neurais; e principalmente, como a maioria dos modelos propostos não leva a previsão da produtividade ao nível da atividade. O autor apresentou uma proposta de modelo para análise da produtividade da mão de obra, abrangente e adaptável a diversos contextos, usando variações da lógica *fuzzy*, como *C-Clustering* e sistema de inferência híbrido.

Portanto, apesar da adaptabilidade da ferramenta, as aplicações de sistemas de inferência *fuzzy* para modelar a produtividade são escassas, limitadas a analisar apenas um fator (YEHEYIS *et al.*, 2016) ou algumas atividades (FAYEK; ODUBA, 2005). O trabalho mais abrangente e atual neste sentido é o de Tsehayae (2015), que não usa uma versão pura dos sistemas de inferência, mas foi capaz de compilar uma extensa lista de 169 parâmetros e criar modelos de produtividade otimizados de acordo com o contexto.

Os diversos trabalhos e discussões abordados anteriormente tentaram definir e prever a produtividade da mão de obra com diversas metodologias de pesquisa, e o recorte mais atual desse esforço mostra que, mais do que definir a produtividade, é necessário analisá-la em sistemas de causa e efeito, pois são diversas as variáveis que podem influenciá-la, e que é preciso definir a aplicabilidade dessas previsões.

2.2 CONJUNTOS FUZZY E LÓGICA FUZZY

A lógica *fuzzy* se mostrou uma ferramenta bastante útil para sistematizar a subjetividade dos problemas das engenharias e ciências conexas, não apenas possibilitando formar híbridos com outras técnicas já utilizadas em trabalhos acadêmicos, mas com suas próprias técnicas e sistemas puros. A seguir, são comentados os conceitos *fuzzy* mais gerais e, principalmente, os sistemas *fuzzy* de inferência, que foram usados neste trabalho.

2.2.1 Conceitos *Fuzzy*: A Pertinência Variável

Os termos “conjunto” e “elemento” da Teoria Clássica de Conjuntos são consideradas noções primitivas, ou seja, não possuem definição. Porém, um conjunto pode ser caracterizado como uma coleção de objetos (elementos) distinguíveis, cujos aspectos comuns os qualificam a participar do grupo em questão (NICOLETTI; CAMARGO, 2013).

Um conjunto pode ser representado pela enumeração de seus elementos; por uma proposição P , que pode ser verdadeira ou falsa para um dado objeto; ou por uma função característica (NICOLETTI; CAMARGO, 2013). Por meio da função característica, por sua vez, é possível associar um valor à pertinência ou não do elemento ao conjunto. Considere um conjunto A , e um elemento x desse conjunto. A função característica γ do conjunto A será:

$$\gamma_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (\text{Equação 1})$$

Ao estabelecer um paralelo de um conjunto numérico clássico com um conjunto *fuzzy*, o primeiro passar a receber a denominação de *crisp*. *Crisp* significa “nítido”, enquanto *fuzzy* significa “difuso”. Portanto, conjuntos *crisp* são aqueles que possuem caracterização precisa: ou o elemento pertence ao conjunto ou não (ROJAS, 1996), como é o caso do conjunto A . Para um conjunto *fuzzy*, a pertinência é imprecisa, ou mais especificamente, variável. Enquanto para um conjunto *crisp*, pode-se associar sua caracterização aos números 0 e 1 somente, a caracterização do conjunto *fuzzy* pode assumir qualquer valor no intervalo dos números que o definem.

O valor associado ao elemento de um conjunto *fuzzy* é denominado grau de pertinência do elemento ao conjunto, ou seja, o grau de compatibilidade do elemento com o conceito apresentado (NICOLETTI; CAMARGO, 2013). Por exemplo, não existe idade precisa que indique que uma pessoa já é adulta. O ato de amadurecer é um processo contínuo: quanto mais velho, mais adulto. Logicamente, uma pessoa de 5 anos ainda não é adulta, logo, a sua pertinência nesse conceito é zero. Já uma pessoa de 15 anos com certeza é mais adulta que uma

pessoa de cinco, logo, o seu grau de pertinência deve ser maior que zero e menor que um. Uma pessoa de 30 anos é, com certeza, adulta, logo, seu grau de pertinência a esse conceito é 1 (ROJAS, 1996).

É possível perceber que, ao contrário dos conjuntos *crisp*, nos quais valores 0 e 1 não possuem significado numérico, sendo apenas símbolos que permitem distinguir objetos pertencentes ou não ao conjunto, os valores que a função *fuzzy* assume, entre 0 e 1, tem aspecto quantitativo: não apenas representam a pertinência, mas a quantificam (NICOLETTI; CAMARGO, 2013).

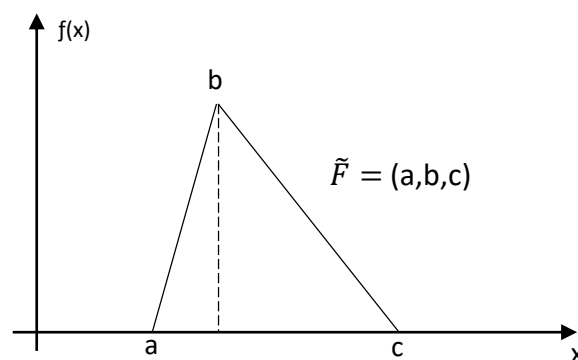
2.2.2 Representação Analítica de Conjuntos *Fuzzy*

A representação analítica de um conjunto *fuzzy*, por meio de uma função, pode ser agrupada em famílias de funções parametrizáveis, nomeadas de acordo com a forma que a representação gráfica dessa função assume (NICOLETTI; CAMARGO, 2013). A este trabalho, interessam os dois tipos de funções a seguir.

2.2.2.1 Funções Triangulares

Uma função triangular pode ser caracterizada por três parâmetros: a , b e c , respectivamente, o limite inferior, o grau de pertinência mais alto, e o limite superior do número *fuzzy* (ZHAO *et al.*, 2013). A representação gráfica está na Figura 3.

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA TRIANGULAR *FUZZY*.



Fonte: Nicoletti; Camargo (2013).

A representação analítica, usando os três parâmetros, assume o formato mostrado na Equação 2, porém, existe também um formato simplificado de representação dos três parâmetros entre parênteses \tilde{F} (ZHAO *et al.*, 2013), como inserido na Figura 3.

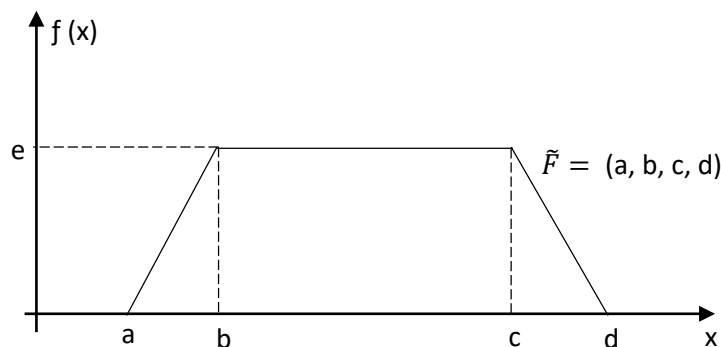
$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (\text{Equação 2})$$

2.2.2.2 Funções Trapezoidais

Os parâmetros da função trapezoidal são: a, b, c, d e e, usados na representação analítica da Equação 3 e na representação gráfica e na representação resumida \tilde{F} da Figura 4.

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA TRAPEZOIDAL FUZZY.



Fonte: Nicoletti; Camargo (2013).

2.2.3 Sistema Fuzzy de Inferência Baseado em Regras (*Fuzzy Rule-Based Inference System*)

2.2.3.1 Variáveis Linguísticas e Operações

Uma aplicação simples dos conceitos *fuzzy* é a modelagem matemática da linguagem humana, chamada também de linguagem natural. Como os humanos se comunicam primariamente por esse meio, é útil que esta possa ser modelada. Portanto, imaginando que nossa linguagem consista de termos fundamentais que possam ser combinados, as palavras, esses termos seriam como átomos, e a combinação deles, em frases, seria uma composição. A interpretação dessas composições seriam os padrões cognitivos e imagens formadas na mente humana, e, para modelar essa interpretação, o modelo deve estar disposto a absorver subjetividade, já que duas pessoas podem não entender o mesmo conceito da mesma forma. Os átomos da linguagem natural são chamados de variáveis linguísticas (ROSS, 1995).

Em lógica *fuzzy*, é comum o uso de variáveis linguísticas, cujos valores, ou seja, sua interpretação, são expressões de linguagem natural que se referem ao contexto semântico da mesma (ROSS, 1995). Os valores de uma variável linguística podem ser termos primários (alto, médio, baixo, jovem, velho, etc.), e estes termos podem ser combinados em composições com o auxílio de conectivos lógicos (não, e, ou) e modificadores (muito, pouco) (GOMIDE *et al.*, 1995). A implementação de conectivos lógicos, mais especificamente, é associada a operações entre funções. Considerando α e β variáveis linguísticas cujo valor é definido pelos conjuntos *fuzzy* χ_α e χ_β . A interpretação de suas composições, de acordo com Ross (1995), ocorre da seguinte forma, de acordo com os conectivos usados:

$$\alpha \text{ OU } \beta: \chi_{\alpha \text{ OU } \beta}(y) = \alpha \cup \beta = \max(\chi_\alpha(y), \chi_\beta(y)) \quad (\text{Equação 4})$$

$$\alpha \text{ E } \beta: \chi_{\alpha \text{ E } \beta}(y) = \alpha \cap \beta = \min(\chi_\alpha(y), \chi_\beta(y)) \quad (\text{Equação 5})$$

Ross (1995) também afirma que uma das formas mais comuns de representar a linguagem natural é a formação de expressões de linguagem do tipo “*if-then*”, ou “se-então”, no seguinte modelo:

SE *premissa* (antecedente), **ENTÃO** *conclusão* (consequente)

Essa expressão é chamada de “forma ‘se-então’ baseada em regras” (*if-then rule-based form*), ou geralmente chamada de forma dedutiva, pois toma um fato conhecido para inferir outro fato consequente, uma conclusão.

Um exemplo clássico desse formato é a escolha da gorjeta, dependendo do serviço e da comida de um restaurante. Nesse caso, “serviço” e “comida” são variáveis antecedentes, e “gorjeta” é a variável consequente. Algumas das regras que regem esse sistema podem ser escritas assim:

R₁: **SE** *serviço* é pobre **E** *comida* é rançosa, **ENTÃO** *gorjeta* é baixa

R₂: **SE** *serviço* é mediano **E** *comida* é aceitável, **ENTÃO** *gorjeta* é média

R₃: **SE** *serviço* é excelente **E** *comida* é deliciosa, **ENTÃO** *gorjeta* é alta

A maioria dos sistemas baseados em regras possui mais de uma regra. O número de regras de um sistema (L) pode ser obtido pela seguinte fórmula, de acordo com Ross (1995):

$$L = K^n, \text{ em que:} \quad (\text{Equação 6})$$

K = número de partições do intervalo;

n = número de *inputs*.

Ainda de acordo com Ross (1995), o processo de obtenção de um consequente geral a partir dos consequentes de cada regra individual é chamado de agregação de regras, e podem ser de dois tipos: conjuntivos ou disjuntivos. Um sistema de regras conjuntivo é constituído por regras que precisam ser cumpridas em totalidade, por isso, são conectadas por “e”. Nesse caso, como já comentado nas operações dos conectivos lógicos (Equação 5), o *output* consequente é a intersecção de todos os consequentes individuais de cada regra. Já o sistema de regras disjuntivo é satisfeito se pelo menos uma das regras é cumprida, portanto, as mesmas são conectadas por “ou”, e o *output* consequente é a união de todos os consequentes individuais de cada regra (Equação 4).

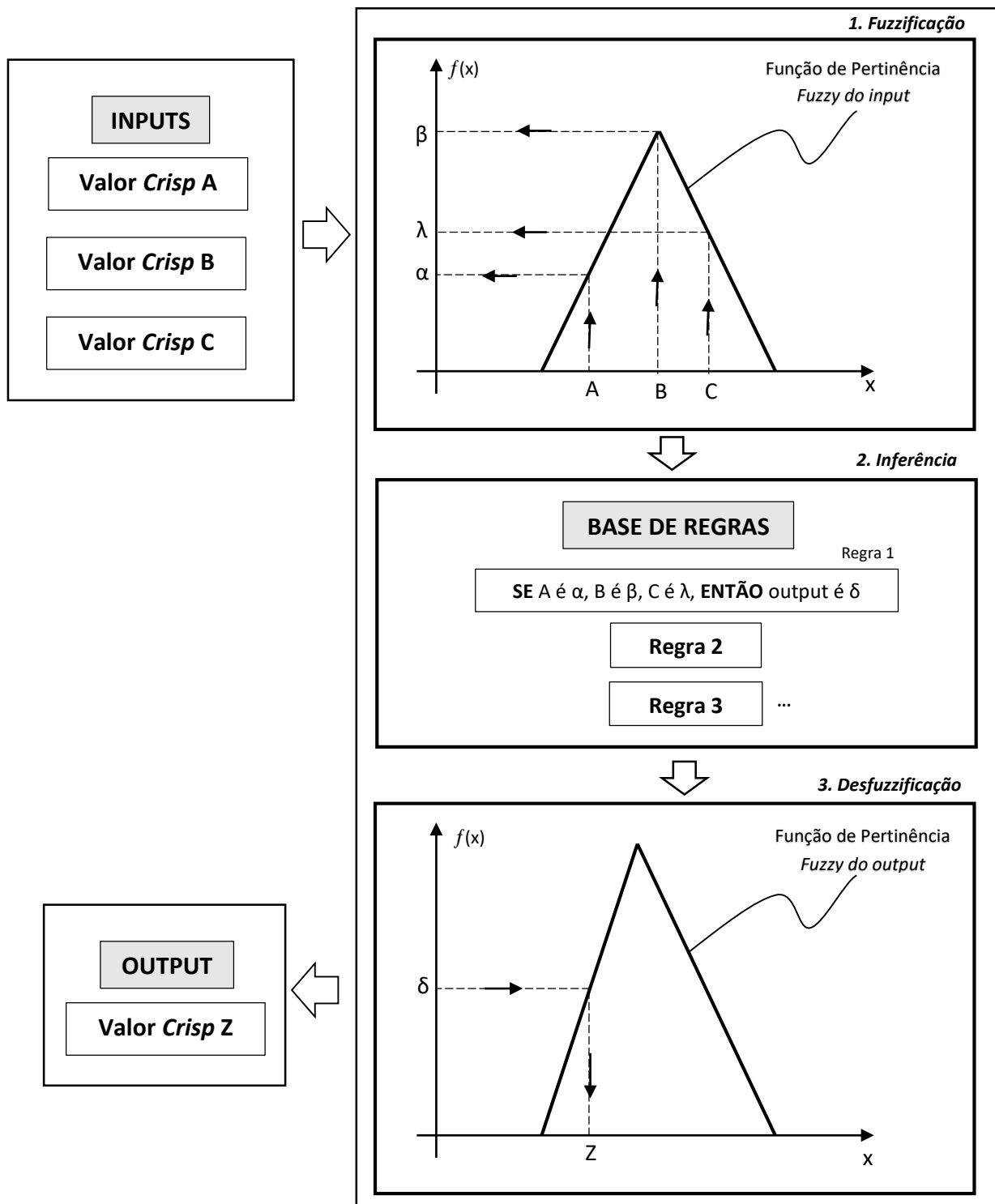
As regras linguísticas representam uma melhoria significativa na modelagem de sistemas, pois são independentes, facilitando alterações pontuais, e lidam com aprendizagem, sendo auto organizáveis e adaptativas.

2.2.3.2 Etapas do Sistema Fuzzy de Inferência Baseado em Regras

O sistema fuzzy baseado em regras, que usa regras do tipo ‘se-então’, se prova útil para modelar sistemas complexos observáveis por humanos, pois pode ser facilmente organizado em regras compostas por antecedentes e consequentes e suas respectivas variáveis linguísticas (ROSS, 1995), constituindo uma forma simples de interpolação (GOMIDE et al., 1995), visto que as regras cobrem todos os cenários possíveis de combinação dos valores das variáveis adotadas.

De acordo com Yeheyis *et al.* (2016), um sistema de inferência *fuzzy* ou *fuzzy* baseado em regras (FIS, do inglês *Fuzzy Inference System*), é composto por três etapas: fuzziificação (do inglês, *fuzzification*), inferência *fuzzy* e desfuzziificação (do inglês, *defuzzification*). A primeira etapa consiste no processo de transformar valores *crisp* em graus de pertinência de conjuntos *fuzzy*, usando as funções de pertinência apropriadas. A segunda etapa formula a interação entre as regras ‘se-então’ do sistema, ou seja, provê um mapa para transformação de *inputs* (antecedentes) em *outputs* (consequentes) usando as regras criadas. Na desfuzziificação, os resultados linguísticos obtidos anteriormente são traduzidos em um valor *crisp* real novamente. A Figura 5 representa esquematicamente as etapas.

FIGURA 5 – ETAPAS DE UM SISTEMA FUZZY DE INFERÊNCIA BASEADA EM REGRAS.



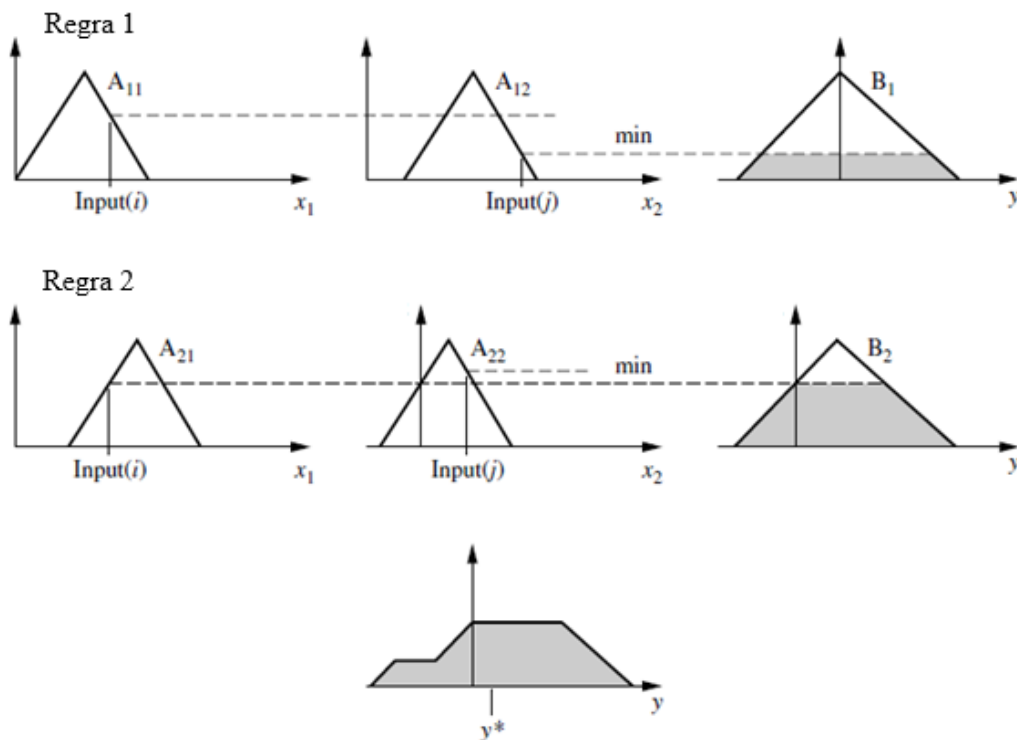
Fonte: Autoria Própria (2019).

Existem diferentes métodos para uso dos sistemas de inferência *fuzzy*, cujo objetivo é definir algumas escolhas operacionais, como o operador usado na agregação das regras ('e', 'ou', 'não'), o método de desfuzzificação, entre outras. Um dos métodos mais comuns é

chamado sistema Mamdani. Ele foi desenvolvido por Mamdani e Assilian (1999) com a intenção de usar variáveis linguísticas para alimentar um controlador de uma planta industrial.

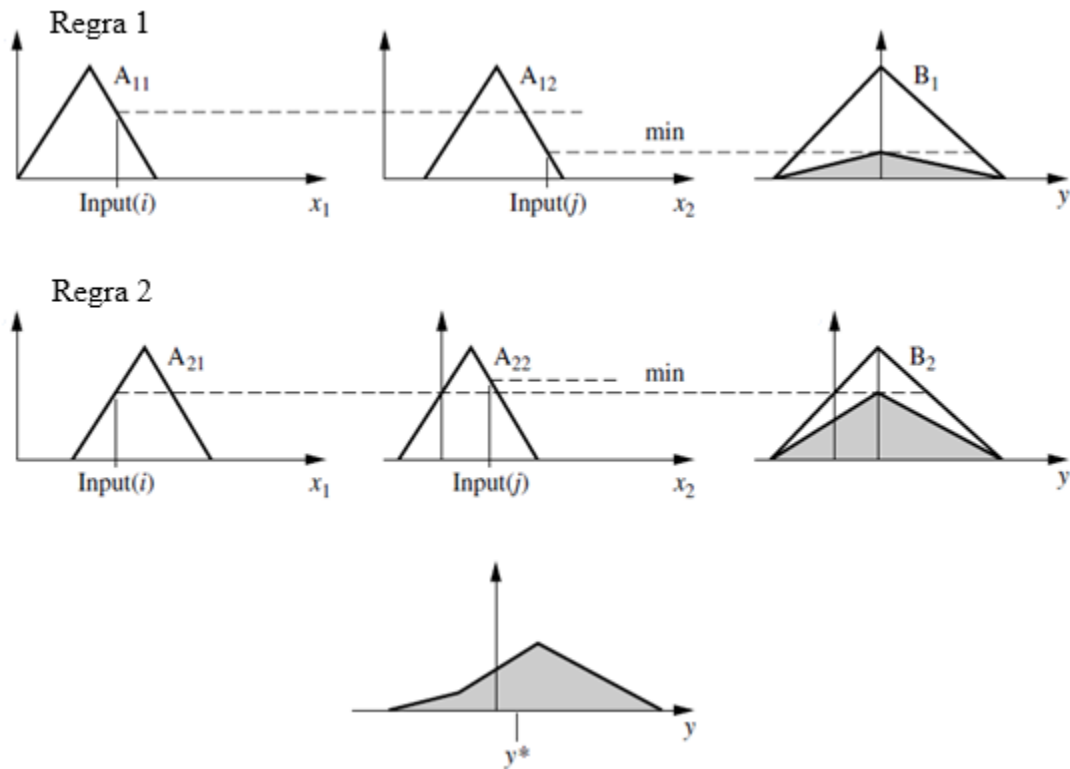
O sistema Mamdani estabelece que os grupos de variáveis antecedentes dentro de uma mesma regra são conectados pelo operador “e”, portanto o consequente de cada regra será o valor mínimo entre os antecedentes (Equação 5). Já a agregação de todas as regras é operada pelo conectivo “ou”, ou seja, o consequente final do sistema será o máximo entre todos os *outputs* de todas as regras (Equação 4). Porém, o formato das funções de pertinência consequentes varia de acordo com o método de inferência escolhido para o sistema, que podem ser de dois tipos: a inferência máximo-mínimo e a inferência máximo-produto. O primeiro método trunca a função de pertinência do consequente na altura mínima estabelecida, formando um tronco de triângulo, enquanto o segundo método conserva a forma de triângulo, na altura estabelecida pelos antecedentes. As Figuras 6 e 7 ilustram essas operações. Os símbolos A_{11} e A_{12} se referem ao primeiro e segundo antecedente da primeira regra, assim como os símbolos A_{21} e A_{22} se referem ao primeiro e segundo antecedente da segunda regra. B_1 e B_2 representam os consequentes da primeira e da segunda regra, respectivamente e y^* é o número *crisp* que representa a área agregada dos consequentes B_1 e B_2 .

FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA MAMDANI, DO MÉTODO DE INFERÊNCIA MÁXIMO-MÍNIMO.



Fonte: Ross (1995).

FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA MAMDANI, DO MÉTODO DE INFERÊNCIA MÁXIMO-PRODUTO.

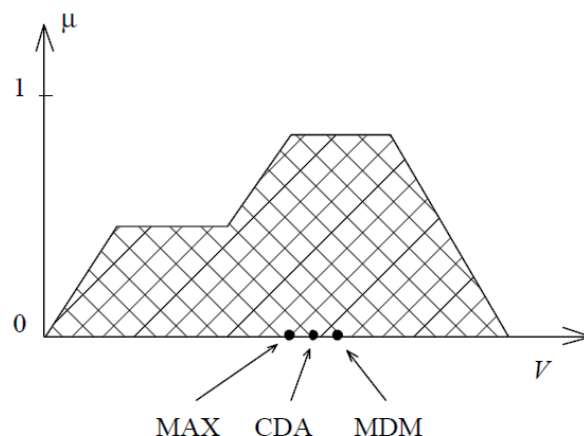


Fonte: Ross (1995).

Uma das características do sistema Mamdani é que o *output* é um conjunto *fuzzy* que necessita desfuzzificação, ou seja, um processo de transformação do valor *fuzzy* para um valor *crisp* característico. Também são diversos os métodos de desfuzzificação. Ross (1995) elenca sete métodos: princípio da máxima pertinência (*max membership principle*); método do centróide (*centroid method*), também chamado centro de área ou centro de gravidade; método da média ponderada (*weighted average method*); máxima pertinência média (*mean max membership*), também chamado meio-da-máxima (*middle-of-maxima*); centro das somas (*center of sums*); centro da maior área (*center of largest área*) e primeiro (ou último) da máxima (*first or last of maxima*). O autor também comenta que o método escolhido deve gerar resultados plausíveis, que retratem de forma adequada o problema, além de evitarem ambiguidade de respostas e prezarem pela simplicidade de processamento.

O método do centróide é geralmente o mais utilizado (YEHEYIS *et al.*, 2016), mas Gomide *et al.* (1995) chama a atenção para como os métodos do centróide, do meio-da-máxima e da máxima pertinência podem gerar valores aproximados, como mostra a Figura 8.

FIGURA 8 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DOS MÉTODOS DE DESFUZZIFICAÇÃO CENTRÓIDE (CDA), MÁXIMA PERTINÊNCIA (MAX) E MEIO-DA-MÁXIMA (MDM).



Fonte: Gomide *et al.* (1995).

Além do sistema Mamdani, também existem, entre os métodos de inferência dedutiva para sistemas *fuzzy*, o modelo Sugeno, também chamado Takagi-Sugeno-Kang, e o modelo Tsukamoto. A principal diferença entre eles é que o modelo Sugeno tem como *output* uma função polinomial, e o modelo Tsukamoto, uma função monotônica do tipo *shoulder function*, ao contrário do sistema Mamdani, cujo *output* é um conjunto *fuzzy* (ROSS, 1995). Esses outros modelos não serão detalhados por não fazerem parte do escopo deste trabalho.

Por fim, a lógica *fuzzy* é bem estruturada em seu funcionamento matemático, e permite diversas escolhas de sistema para melhor se adaptar ao problema modelado. As opções escolhidas para os sistemas de inferência projetados para este trabalho, assim como todos os outros conceitos abordados neste capítulo, foram retomadas no capítulo seguinte para explicação do desenvolvimento e funcionamento do modelo de quantificação da produtividade.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim da revisão da literatura, foi possível perceber que a definição da produtividade como a racionalização das entradas e saídas, caso o interesse seja entender as influências da mesma, não é satisfatória. Na verdade, os diversos problemas encontrados na definição e modelagem da produtividade da mão de obra na construção civil residem na definição das suas incertezas do conceito e da subjetividade das influências com alto teor linguístico, que são passíveis de solução com a aplicação da lógica *fuzzy*, já que a mesma apresenta a simbologia matemática e a operacionalização das interações necessárias para sistematizar tal incerteza.

Como visto, mesmo as aplicações mais técnicas e especializadas do conceito de produtividade ainda usam termos genéricos e vagamente definidos como “desempenho” para trabalhar com a produtividade num nível teórico e posterior aplicação num nível prático. Porém, a falta de uma definição da linguagem e da unidade de medida anterior à coleta dos dados pode invalidar a informação. Ou até a definição da mesma, porém sem considerar a aplicação futura e como a linguagem funciona independentemente do projeto, torna a mesma inútil.

A lógica *fuzzy* se apresenta como uma “linguagem” definida, inclusive independente da construção civil desde a concepção, sistematizada e flexível, e pode ser a solução para a definição dos limites mais subjetivos da produtividade da mão de obra.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Mapeamento Sistemático da Literatura
Quantificação da Influência dos Parâmetros
Validação do Método de Quantificação

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

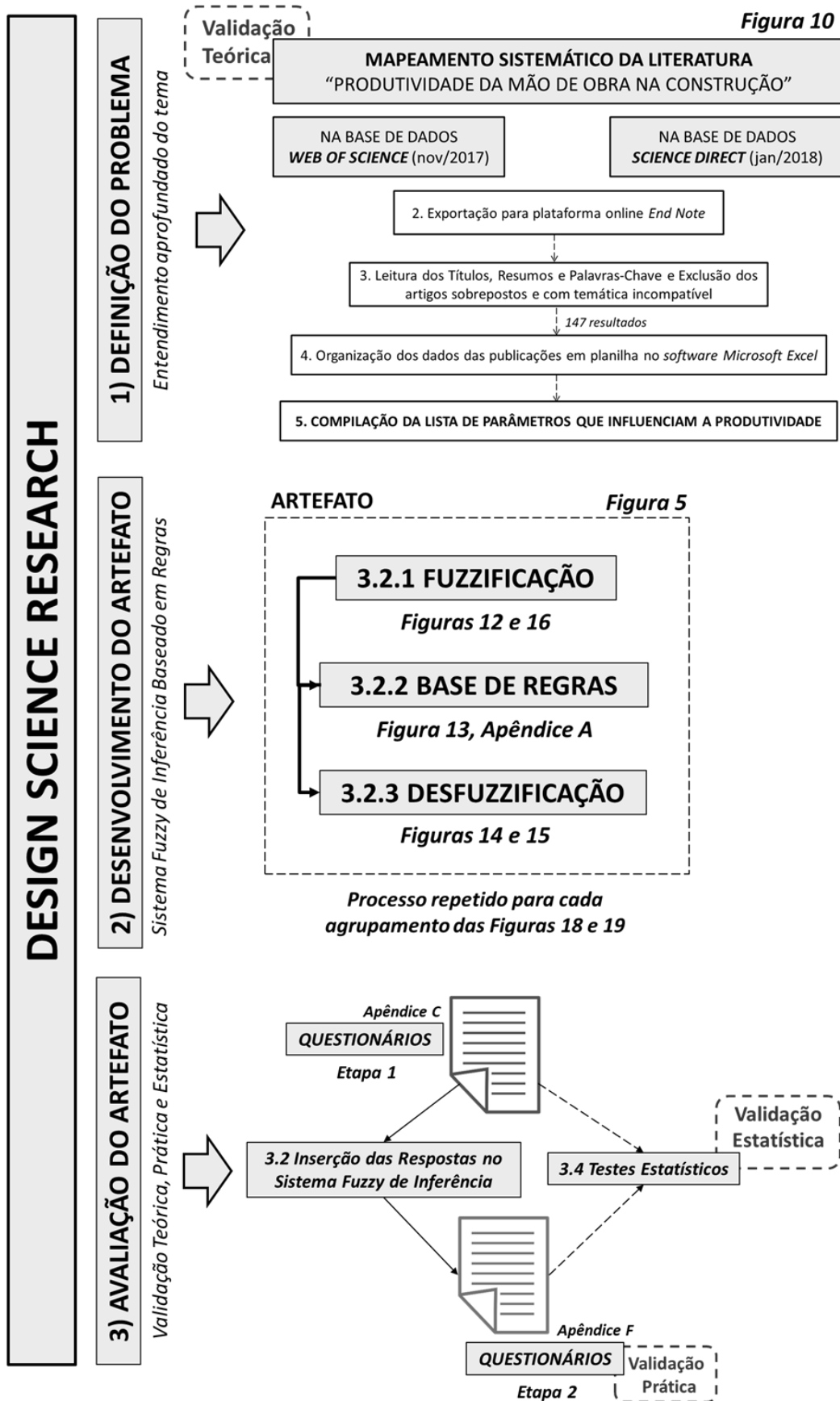
A metodologia deste trabalho é denominada *Design Science Research* (DSR), cuja criação é creditada ao economista Herbert Simon. Considerando as pesquisas científicas de natureza exploratória, descritiva ou explicativa, a *Design Science* propõe uma quarta natureza, a prescritiva, em que o objetivo da pesquisa é a solução de problemas do mundo artificial (DRESCH, 2013). Simon (1996) define como artificial algo que foi produzido ou inventado pelo homem ou que sofre intervenção deste.

A DSR é o método que operacionaliza a *Design Science*, ou a Ciência do Projeto. O paradigma epistemológico *Design Science* defende que as ciências naturais, também chamadas tradicionais, não constituem embasamento suficiente para a solução de problemas reais e a diminuição da lacuna entre teoria e prática, pois são muito exploratórias e analíticas. As ciências artificiais têm esse poder, estruturando métodos e técnicas que levam à criação de artefatos, objetos artificiais projetados para inserir uma mudança em um sistema, resolvendo problemas e possibilitando um melhor desempenho (DRESCH, 2013). O termo “artefato” é a designação da DSR para o modelo de quantificação proposto para esse trabalho. O artefato é a interface entre o ambiente interno, ou seja, a substância e a organização do mesmo; e o ambiente externo, que limita as condições de funcionamento. Ou seja, o artefato não viola as leis naturais, pelo contrário, ele deve existir respeitando-as. O cumprimento do propósito do artefato é julgado de acordo com o seu caráter e o ambiente em que ele funciona (DRESCH, 2013).

De acordo com Dresch (2013), as etapas da DSR que são consenso entre os autores que fundamentam essa base epistemológica são: definição do problema, com a sugestão de possíveis soluções; desenvolvimento do artefato; e avaliação do mesmo, ou validação. Em paralelo, a metodologia deste trabalho é composta de três etapas: (1) mapeamento sistemático da literatura, em busca dos parâmetros que influenciam a produtividade (definição do problema e sugestão de possíveis soluções); (2) quantificação da influência dos parâmetros, com a criação de um sistema de inferência *fuzzy* baseado em regras ‘se-então’ (desenvolvimento do artefato); e (3) validação do modelo de quantificação (avaliação do artefato).

A Figura 9 apresenta a metodologia de pesquisa deste trabalho, seguindo os três passos acima mencionados, e referencia outras figuras ao longo dessa seção que detalham cada etapa.

FIGURA 9 – RESUMO GERAL DA METODOLOGIA DE PESQUISA, DE ACORDO COM AS ETAPAS DA DESIGN SCIENCE RESEARCH.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Gregor e Jones (2007) diferenciam os tipos de ciências de projeto que surgiram ao longo da evolução da DSR. Para o caso da construção civil, o mais aplicado é o derivado “*constructive research*”, sobre o qual os autores ressaltam a figura central do desenvolvimento do artefato.

Oyegoke (2011) destaca as seis fases da *constructive research*:

- i. Encontrar um problema de relevância prática;
- ii. Obter um entendimento geral do tópico;
- iii. Desenvolver um artefato ou constructo, que constitui a solução do problema;
- iv. Mostrar que a solução encontrada funciona;
- v. Mostrar as conexões entre a solução e a teoria encontrada, e mostrar as contribuições da solução para o cenário do estudo;
- vi. Limitar o escopo de aplicação da solução.

As seis etapas propostas por Oyegoke para a *constructive research* se alinham com as três etapas da DSR compiladas por Dresch, portanto, o delineamento de Dresch foi mantido.

Segundo Rautiainen *et al.* (2017), as etapas 2, 3 e 4 de Oyegoke (2011) dizem respeito à validação interna do artefato, enquanto a etapa 5 diz respeito à validação externa. A adequação do artefato à sua classe de problemas e a discussão de sua relevância científica e solução satisfatória do problema proposto, conceitos importantes da DSR, serão comentados no item 4.4 do próximo capítulo, Resultados e Discussões.

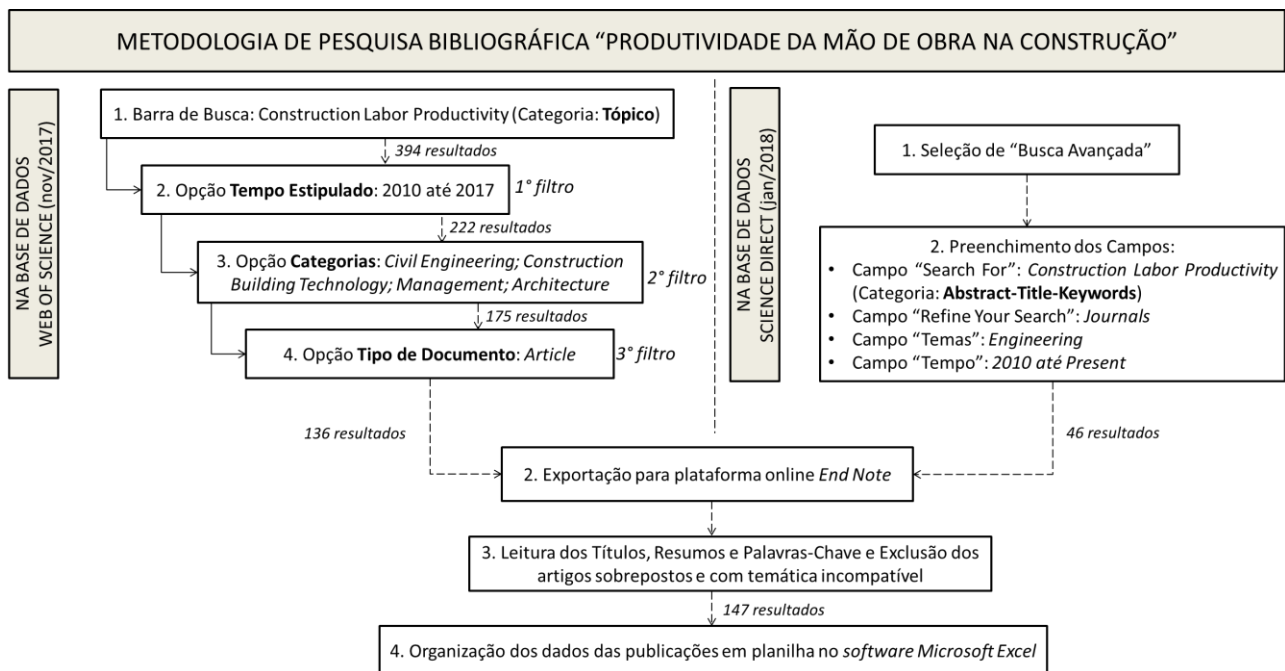
3.1 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA: Coleta e Classificação dos Parâmetros de Influência da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil

Os objetivos principais do mapeamento sistemático da literatura foram aprofundar o conhecimento sobre o tema, como indicado pela DSR, e compilar uma lista de parâmetros que influenciam a produtividade da mão de obra na construção civil. Julgou-se mais proveitoso compilar tal lista por meio da literatura do que por sondagem de especialistas, cuja disponibilidade é difícil tanto no meio acadêmico quanto em campo. A consulta à especialistas já foi apontada como problemática por Yeheyis *et al.* (2016): a metodologia de questionário tipo *survey*, assim como entrevistas presenciais, estruturadas ou não, apesar de populares, demandam esforço e tempo que muitas vezes só estão disponíveis no mundo acadêmico. Yeheyis *et al.* (2016) também comentam que, porque o questionário se baseia em uma forma de auto relatório, problemas como engano intencional, memória precária e má comunicação do sentido real das questões podem levar à imprecisão dos dados coletados.

Hasan *et al.* (2018) demonstram como a literatura é extensa em relação ao registro de parâmetros de influência da produtividade coletados por meio de questionários, retratando não só os tão diversos fatores, como o aspecto geográfico dos mesmos. Portanto, o mapeamento das referências permitiu a compilação da lista de parâmetros que irá compor o artefato, evitando os inconvenientes do questionário e a parcialidade que possivelmente seria gerada pelo uso deste método para desenvolvimento da inteligência do modelo.

Para o mapeamento sistemático da literatura, foram escolhidas as bases de dados *Web of Science* e *Science Direct*. Ambas possuem sistemas de busca avançada ligeiramente diferentes, mas partiu-se do mesmo termo de busca, “*Construction Labor Productivity*”, tradução dada para produtividade da mão de obra na construção. Os procedimentos estão esquematizados na Figura 10.

FIGURA 10 – PROCEDIMENTOS DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Para *Web of Science*, os filtros eram aplicados na lista de resultados do *desktop* diretamente, então foi possível obter os resultados parciais de busca após aplicação de cada filtro. Foram escolhidas as opções: publicações entre 2010 até o presente, seguido de seleção de quatro categorias da lista disponibilizada pelo site que mais se encaixaram no tema desse estudo (*civil engineering, construction building technology, management, architecture*), e por fim, a opção *Article*, para retornar apenas artigos de revistas científicas.

Para *Science Direct*, todas as opções semelhantes eram escolhidas na mesma janela, então não houve resultados parciais. Optou-se por *Journals* (apenas revistas científicas, e não

livros), *Engineering* e o mesmo tempo de publicação. Ambos os resultados tiveram suas citações exportadas para a plataforma online *EndNote*, na qual foram lidos os resumos e feita uma eliminação prévia caso o tema não fosse compatível com o buscado.

A pesquisa na base *Web of Science* foi executada em novembro de 2017, e na base *Science Direct*, em janeiro de 2018. A razão dessa diferença de tempo se deve à problemas de manuseio do *Science Direct* que impossibilitaram adquirir todos os textos originais e integrais nas primeiras tentativas. Inclusive por isso, as primeiras pesquisas retornaram 44 resultados, porém, quando finalmente foi possível adquirir todas as publicações, os resultados haviam aumentado para 46.

Os dados mais importantes de cada publicação foram então transcritos para uma planilha eletrônica no Microsoft Excel®, dividida em duas partes principais: análise bibliométrica e análise de conteúdo. O registro bibliométrico foi composto por nome do artigo, nome dos autores, ano de publicação, nome da revista onde o estudo foi publicado e país de trabalho do primeiro autor. Já as categorias de conteúdo dos artigos foram resumo; método utilizado no estudo, se revisão bibliográfica, ou questionário, ou simulação computacional, ou estudo de caso, etc; país ou mercado do estudo de caso; obra ou atividade estudada; perspectiva da produtividade abordada, se micro, meso ou macro; e nível de perspectiva, se à nível de atividade, projeto ou indústria. Por fim, registrou-se um breve resumo dos parâmetros que afetam a produtividade discutidos direta ou indiretamente na publicação, sendo esse o principal objetivo do mapeamento.

Após a leitura integral das publicações e registro das mesmas na planilha, a lista de parâmetros foi resumida e a contagem das citações a um mesmo parâmetro foi realizada. Essa lista, contendo todos os parâmetros que influenciam a produtividade de acordo com a literatura estudada, foi o ponto de partida do artefato de quantificação que é foco deste trabalho.

3.2 QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS: Sistemas *Fuzzy* de Inferência Baseados em Regras

Após a listagem dos parâmetros, os mesmos compuseram os antecedentes nas regras do tipo “se-então” dos sistemas *fuzzy* de inferência, e a produtividade compôs o consequente. As etapas de desenvolvimento do sistema, operado no *software* MatLab® com o auxílio do *add-in Fuzzy Logic ToolBox*, são detalhadas a seguir.

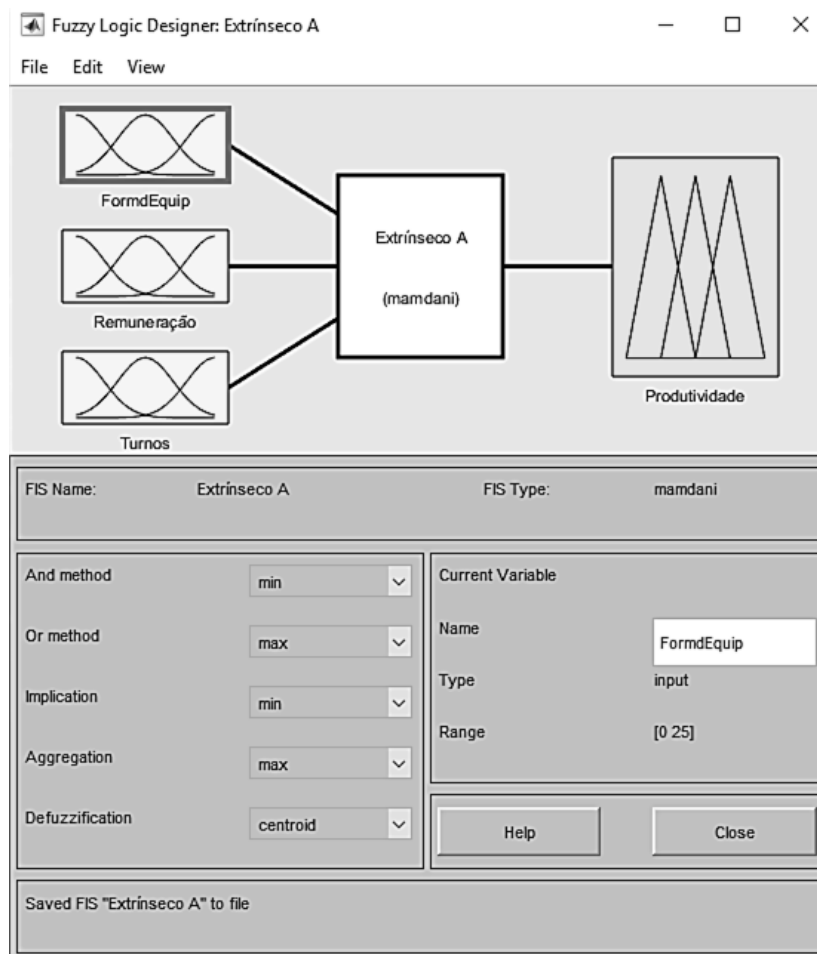
Primeiramente, definiu-se os conectivos lógicos e o método de inferência utilizados pelo *software*. O MatLab permite escolher entre Mamdani e Sugeno, e escolheu-se Mamdani

por conta do seu alto endosso acadêmico, e porque o método Sugeno supõe linearidade do *output*, o que não se aplica à produtividade da mão de obra, como comenta Tsehayae (2015). As seguintes opções foram selecionadas, em concordância com as convenções mais usadas nos sistemas de inferência Mamdani (GOMIDE *et al.*, 1995):

- Conector “e” (*And method*): Operador “min”
- Conector “ou” (*Or Method*): Operador “max”
- Implicação (*Implication*): “min”
- Agregação (*Aggregation*): “max”
- Desfuzzificação (*Defuzzification*): “centroid”
- Inferência: máximo-mínimo (Figura 6)

A Figura 11 mostra a tela inicial da função ‘fuzzy’ no MatLab®, com as opções escolhidas: é possível observar que o sistema “Mamdani” está determinado na caixa branca intermediária do fluxograma, indicando o método de inferência.

FIGURA 11 – TELA INICIAL DA FUNÇÃO ‘FUZZY’ DO MATLAB®.



Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

Seguiu-se, então, às definições necessárias de cada etapa do sistema, de acordo com Yeheyis *et al.* (2016).

3.2.1 Inputs do Sistema, ou Fuzzificação: quantificação da influência do parâmetro em relação à produtividade por meio de variáveis linguísticas “alto”, “médio” ou “baixo”

Após a compilação da lista dos parâmetros e as definições iniciais do sistema de inferência, passou-se à forma de quantificação da influência dos mesmos. Para isso, foram criadas três variáveis linguísticas e suas respectivas funções de pertinência. As variáveis são “baixa [influência]”, “média [influência]” ou “alta [influência]”. Esses foram os *inputs* projetados para serem fornecidos pelo usuário do artefato.

Inicialmente, para a fase de desenvolvimento e testes do artefato, foram usadas as citações que foram contadas na fase de compilação dos parâmetros. Com base na quantidade de citações obtidas para os parâmetros, ou seja, como as mesmas se distribuíram em questão de frequência e representação de intensas discussões, os seguintes intervalos de frequência e correspondência foram estabelecidos:

Menos de 5 citações: BAIXA influência

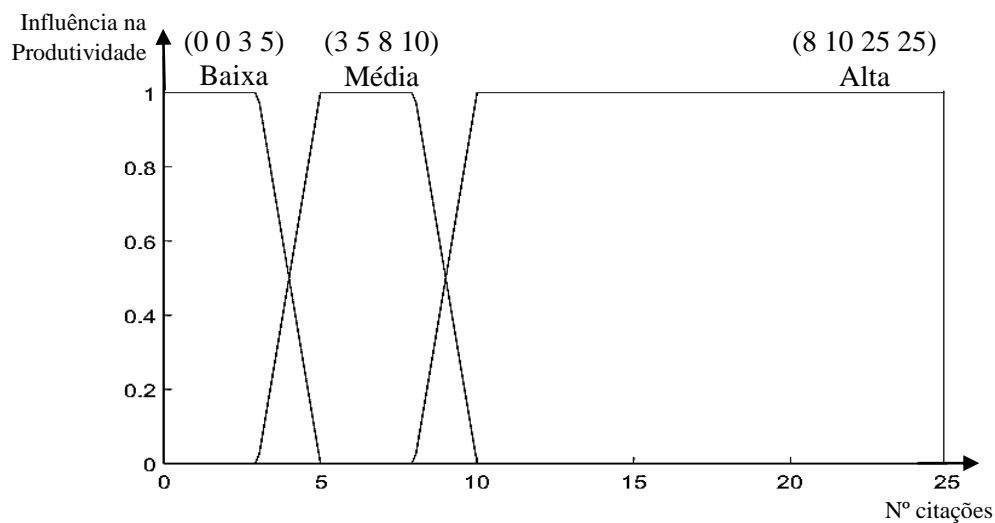
Entre 5 e 10 citações: MÉDIA influência

Mais de 10 citações: ALTA influência

Tais variáveis linguísticas foram inseridas no *software* MatLab® por meio de três funções de pertinência trapezoidais, mostradas na Figura 12. Todos os parâmetros inseridos no sistema utilizaram as mesmas funções de pertinência, e os valores *crisp* de entrada são a quantidade de citações obtidas na revisão de literatura.

As funções de pertinência do tipo trapezoidal foram escolhidas porque elas simularam melhor os intervalos projetados. Por exemplo, considerando um parâmetro com 20 resultados, ou seja, de alta influência, igualmente importante são resultados vizinhos, como 19 ou 21 citações. Todos estes são considerados altos, e, portanto, foi estabelecido o uso de patamares nas funções, que condizem com o tipo trapezoidal. A coerência com os dados encontrados também é a explicação para a assimetria da distribuição dos intervalos em relação ao eixo x, pois 89% das citações de cada parâmetro se encontravam abaixo de 11 resultados, obedecendo a regra de Pareto. Por isso também, o valor médio de citações por parâmetro foi aproximadamente 6, valor que foi fuzzificado como médio.

FIGURA 12 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS DOS *INPUTS* DO SISTEMA PARA A ETAPA DE ESCALA TEÓRICA.



Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

A intenção principal de adequar as funções de pertinência foi de não tornar o artefato parcial aos valores extremos, e, por isso, mais incomuns, encontrados entre o número de citações contabilizados dos parâmetros. Porém, a inteligência do artefato, ou seja, a base de regras, manteve-se constante durante o ajuste das funções de pertinência, como praticado por Tsehayae (2015), que argumenta que a base de regras deve representar um conhecimento universal, independente de contexto e, conseqüentemente, independente das funções de pertinência do sistema.

Além disso, como afirmam Zhao *et al.* (2013), mais importante do que o formato das funções, é a necessidade de que as mesmas se sobreponham, já que, como a tentativa é de expressar um conceito impreciso, impreciso também é o limite de quando acaba um domínio e outro deve começar. Os autores também recomendam que essa sobreposição varie entre 25 e 50% da base da função correspondente. Todas essas recomendações foram aplicadas. Por fim, os mesmos reafirmam que as funções de pertinência de formato mais simples são aquelas mais intuitivas e de fácil uso para representação, por isso, esse trabalho se ateu ao uso de funções triangulares e trapezoidais.

3.2.2 Composição da base de regras (regras ‘se-então’): combinação dos valores *fuzzy* dos parâmetros para gerar a influência na produtividade

O número de regras da base aumenta exponencialmente com o aumento do número de antecedentes (Equação 6), por isso, neste ponto, notou-se a necessidade de dividir os parâmetros em grupos menores, para facilitar o controle dos mesmos dentro dos sistemas de inferência.

Cada grupo de parâmetros compõe um sistema independente. Logo que se observou a necessidade de divisão, esta absorveu também uma finalidade teórica, ou seja, de direcionar a discussão dos parâmetros e suas influências. Os parâmetros foram divididos em duas categorias, gerencial e técnico, e posteriormente também em subcategorias, de acordo com a discussão que os mesmos trazem em seus respectivos trabalhos. Ou seja, a divisão em categorias foi anterior à aquisição dos parâmetros, e a divisão em subcategorias foi posterior, e diretamente derivada dos parâmetros compilados e do conhecimento das referências.

As regras foram primeiramente desenvolvidas dentro de cada subcategoria, para posterior inserção do resultado de cada subcategoria na base de regras geral que culminou na produtividade total. Por exemplo, supondo que exista a subcategoria “Comportamento”, englobando os parâmetros Motivação, Absenteísmo, Incentivos e Satisfação do Trabalhador. Estes constituem um sistema completo, com funções de pertinência de entrada e saída, e base de regras independente. Todas as regras do sistema serão compostas pelos antecedentes, ou seja, os parâmetros, e um conseqüente, a produtividade da subcategoria. Cada regra preverá um cenário para a influência dos parâmetros, entre as opções “baixa”, “média” e “alta”. Por exemplo:

Regra 1: **SE** *Motivação* é baixa, *Absenteísmo* é baixa, *Incentivos* é baixa e *Satisfação* é baixa, **ENTÃO** Produtividade é baixa;

Regra 2: **SE** *Motivação* é média, *Absenteísmo* é média, *Incentivos* é média e *Satisfação* é média, **ENTÃO** Produtividade é média;

Regra 3: **SE** *Motivação* é alta, *Absenteísmo* é alta, *Incentivos* é alta e *Satisfação* é alta, **ENTÃO** Produtividade é média;

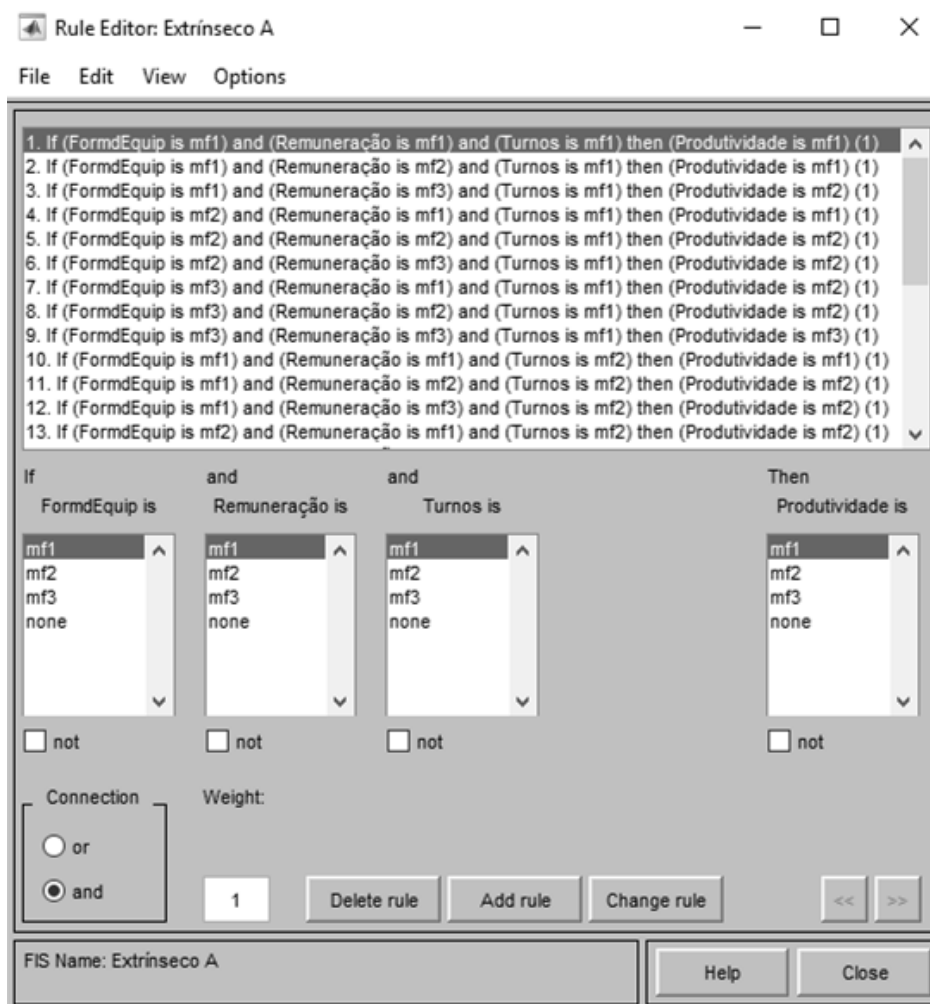
Entre outros.

A produtividade de cada subcategoria será então o *input* de um novo sistema de inferência cujo *output* é a produtividade total. Nessa etapa, foram desenvolvidos dois sistemas gerais, um com as subcategorias de parâmetros gerenciais e outro com as subcategorias de parâmetros técnicos.

A janela de entrada da base de regras no MatLab® pode ser vista na Figura 13.

É importante que as regras de inferência suportem todos os possíveis cenários de combinação dos valores das variáveis linguísticas. A quantidade de cenários possíveis é dada pela Equação 6.

FIGURA 13 – JANELA DE INSERÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SISTEMA FUZZY DE INFERÊNCIA.



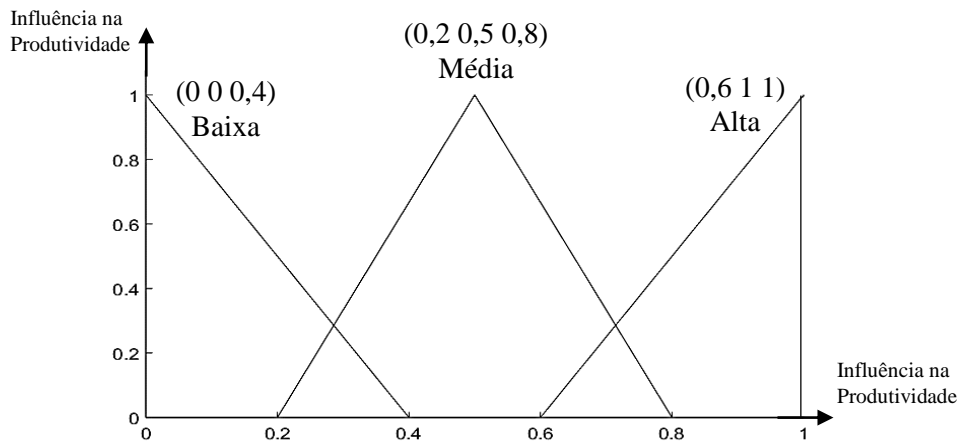
Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

3.2.3 Desfuzzificação para normalização dos valores α : conversão dos valores *fuzzy* em *crisp*

As funções de pertinência dos *outputs* “Produtividade” são funções triangulares geradas da partição simétrica do domínio $[0,1]$, como mostra a Figura 14. Dessa forma, mesmo com a variação entre as funções de pertinência dos *inputs*, os valores de saída puderam ser normalizados, para entendimento simplificado.

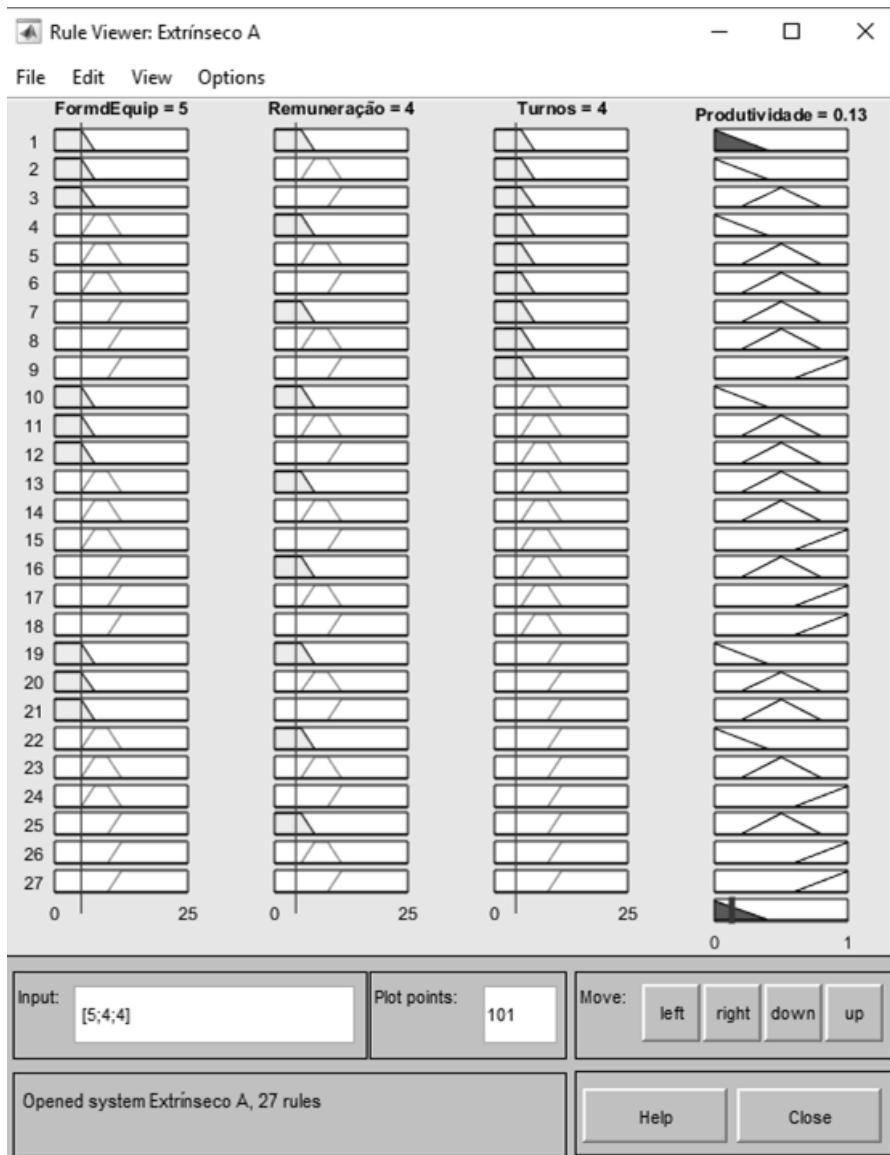
Após a definição das regras e dos métodos de implicação dos antecedentes e agregação das regras, além do método do centroide para desfuzzificação, acessou-se a opção *View > Rules*, que abre a janela da Figura 15. A opção “*input*” no canto inferior esquerdo recebe os valores *crisp* de entrada, e o valor *crisp* de saída pode ser lido no topo da última coluna.

FIGURA 14 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DO OUTPUT “PRODUTIVIDADE” DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA.



Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

FIGURA 15 – JANELA DE VISUALIZAÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SISTEMA DE INFERÊNCIA, PARA DESFUZZIFICAÇÃO.



Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

3.3 VALIDAÇÃO DO ARTEFATO DE QUANTIFICAÇÃO

Após o desenvolvimento inicial do modelo, explicado nas etapas anteriores da metodologia de pesquisa, passou-se à tentativa de validação do artefato, ou seja, buscou-se aplicação do artefato em diferentes áreas e análise dos resultados gerados a fim de atestar seu funcionamento e alcance do objetivo inicial.

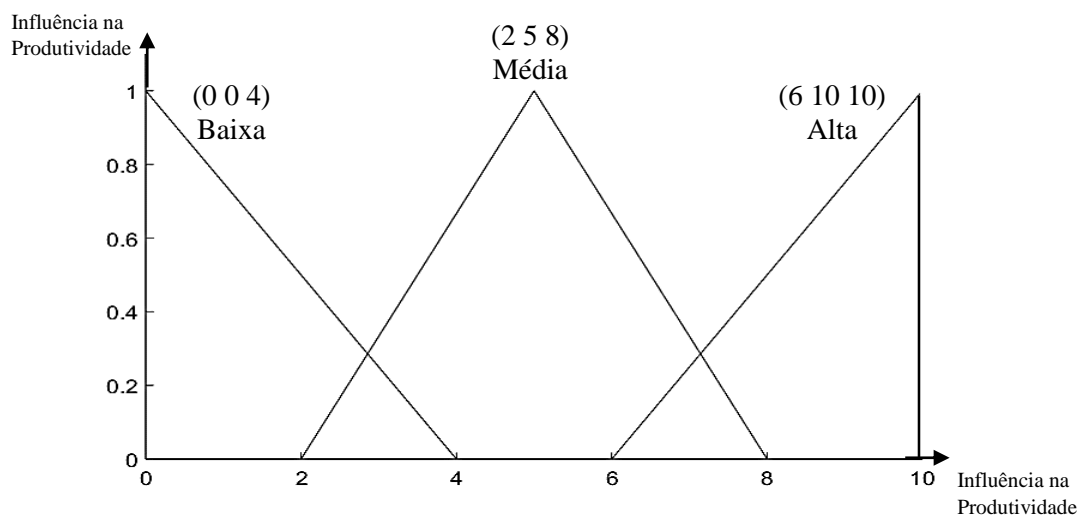
A primeira esfera de validação foi teórica. Como o trabalho iniciou com um extenso mapeamento sistemático da literatura, a validação ponderou os resultados teóricos do artefato, ou seja, como o artefato traduziu a visão acadêmica em relação aos parâmetros da produtividade. Outras referências, de preferência mais atuais do que as contempladas no mapeamento sistemático, foram buscadas a fim de complementar essa análise.

Após os testes com a escala e os valores teóricos desenvolvidos com citações da literatura especializada, buscou-se uma aplicação prática do artefato, que foi possível com uma pesquisa direcionada a gerentes de projetos de engenharia. Os especialistas foram consultados de forma a traduzir suas experiências como gerentes de projeto na quantificação das influências da produtividade com a ajuda do artefato desenvolvido.

A aplicação do artefato com foco prático se deu por questionário, em duas etapas: a primeira etapa recolheu a percepção dos gerentes em relação aos parâmetros da produtividade. O questionário recolheu um breve perfil dos especialistas, e em seguida, usando a escala numérica de 1 a 10, em que 1 seria “nenhuma percepção significativa de influência do parâmetro”, e 10 seria “alta percepção de influência/presença do parâmetro”, os gerentes quantificaram as influências da produtividade da mão de obra. Para que o entendimento de cada parâmetro fosse o mais claro possível, cada um deles acompanhou uma descrição breve, a fim de auxiliar a interpretação do profissional.

Para esta etapa, as funções de pertinência dos *inputs* foram alteradas para simular a escala numérica de 1 a 10 adotada. Aqui, também foram seguidas as recomendações de Zhao *et al.* (2013) para o melhor *design* das funções. Geralmente, com a partição de domínio, as funções mais utilizadas são triangulares (ZHAO *et al.*, 2013; BELTRÃO, 2017), portanto, o mesmo foi feito aqui. A Figura 16 mostra as novas funções de pertinência do tipo triangular.

FIGURA 16 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS DOS *INPUTS* DO SISTEMA PARA A ETAPA PRÁTICA.



Fonte: The MathWorks, Inc (2018).

As respostas foram então inseridas no artefato, e os valores de saída foram recolhidos e apresentados esquematicamente ao mesmo profissional, numa segunda etapa. Agora completamente personalizada, a parte 2 do questionário apresentou os *outputs* do artefato de forma esquematizada, e recolheu as opiniões dos usuários em relação à fidelidade do mesmo, ou seja, se o artefato foi capaz de retratar a percepção do profissional de forma satisfatória. Ambas as etapas do questionário eletrônico podem ser visualizadas nos Apêndices C e F, assim como as cartas de apresentação usadas (apêndices B e E).

Com as respostas dos profissionais, procedeu-se a uma série de testes estatísticos, com a intenção de validar a amostra coletada e os resultados obtidos na esfera estatística. Primeiramente, foi realizado o **teste alfa de Cronbach**, desenvolvido por Lee Cronbach em 1951 para medir a consistência interna do questionário, ou seja, a conexão e inter-relação dos itens, e se estes medem o mesmo conceito (TAVAROL; DENNICK, 2011). A fórmula do coeficiente está a seguir:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_{soma}^2} \right) \quad (\text{Equação 7})$$

onde k = número de itens;

n = número de respostas;

s_i^2 = variância dos n escores das pessoas para cada item i;

s_{soma}^2 = variância dos totais de escores de cada resposta.

Em seguida, as medidas descritivas dos parâmetros foram analisadas: média, mediana, variância, entre outros, a fim de caracterizar a amostra e, possivelmente, a população. Os

parâmetros com as maiores e menores médias e medianas foram comparados com os de maiores e menores citações da etapa anterior, demonstrando influências altas e baixas que foram contabilizadas pelo artefato. Variâncias altas indicaram discordância entre os gerentes, enquanto variâncias baixas indicaram concordância, e assim por diante.

Os valores atribuídos aos parâmetros pelos especialistas também foram usados para analisar a correlação estatística entre os mesmos, já que a interdependência das influências da produtividade é empiricamente reconhecida. A correlação foi analisada entre os seis parâmetros com maiores médias/medianas, dois a dois, produzindo um total de 30 valores. Preferiu-se uma visão mais focada dos resultados, já que a análise de correlação entre os 37 parâmetros, dois a dois, geraria 1.332 valores, cujo processamento seria provavelmente imperfeito e desnecessariamente alongado.

Foram aplicadas a correlação de Pearson e a correlação de Spearman. A Correlação de Pearson sonda linearidade, ou seja, se uma mudança em uma variável provoca uma mudança proporcional na outra, enquanto a Correlação de Spearman sonda monotonicidade, ou seja, as variáveis tentem a mudar juntas, mas não necessariamente a uma taxa constante (LIRA, 2006). A comparação de ambos os coeficientes de correlação desses testes para os parâmetros analisados pode apontar as tendências maiores para linearidade do que para monotonicidade, ou vice-versa. Porém, coeficientes próximos de zero não necessariamente apontam que não existe correlação entre os parâmetros, mas que provavelmente essas relações são não-lineares, como já é comumente discutido sobre as influências da produtividade (TSEHAYAE, 2015).

O coeficiente de correlação de Pearson é calculado de acordo com a Equação 8, e o coeficiente de correlação de Spearman usa a mesma fórmula, porém aplicando o *ranking* da observação em relação à amostra.

$$r_{Pearson} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{Equação 8})$$

onde i = ranking da observação;

n = número de observações;

x e y = parâmetros observados.

De forma a resumir as contribuições dos especialistas em relação à quantificação dos parâmetros, foram calculados os intervalos de confiança (IC) para cada parâmetro, como sugestão validada prática e estatisticamente, para futuros usos do artefato, caso os usuários queiram um intervalo de valores para calibrar suas percepções. Ou seja, supondo que fosse

possível repetir inúmeras vezes o processo de seleção da amostra e construir os intervalos de confiança para 95% dos dados, espera-se que aproximadamente 95% dos intervalos contêm o verdadeiro valor do parâmetro de interesse (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

$$IC_{(1-\alpha) \times 100\%}: \left[\bar{X} - t_{(n-1; 1-\frac{\alpha}{2})} \frac{s}{\sqrt{n}}; \bar{X} + t_{(n-1; 1-\frac{\alpha}{2})} \frac{s}{\sqrt{n}} \right] \quad (\text{Equação 9})$$

onde $(1-\alpha)$ = nível de confiança, fixado a 95% para todos os testes aqui operados;

\bar{X} = média amostral;

s = desvio padrão da amostra;

n = tamanho da amostra.

Considerou-se a distribuição T de Student, que é semelhante à curva normal, porém, como desconhecemos a variância populacional, apenas a da amostra, as caudas são mais pesadas, ou seja, as probabilidades de que o valor obtido não seja representativo aumenta à medida que nos aproximamos dos extremos do intervalo. A estatística T de Student permite-nos conhecer as variáveis onde há melhor aderência dos dados, facilita a comparação do poder de explicação de cada uma e dá-nos conhecer a probabilidade de que a associação encontrada seja devida ao acaso (CASTRO, 1977). A equação referente à distribuição é a seguinte:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim t_{(n-1)} \quad (\text{Equação 10})$$

onde \bar{X} = média amostral;

μ = média da população (hipótese do problema);

s = desvio padrão da amostra;

n = tamanho da amostra.

Os valores médios e medianos dos parâmetros atribuídos pelos especialistas foram inseridos no artefato, a fim de permitir uma comparação dos valores das categorias e subcategorias do modelo teórico x modelo prático médio x modelo prático mediano x modelo prático modal. Além disso, os valores finais das categorias de cada especialista foram comparados, para analisar se os especialistas deram mais importância ao aspecto teórico ou ao aspecto gerencial da produtividade.

O capítulo seguinte, Resultados e Discussões, detalha os resultados encontrados para todos os testes e análises apresentados acima. Além disso, o capítulo resumiu as implicações desses resultados, tanto do ponto de vista da DSR como a comparação final entre as visões acadêmica e prática proporcionadas pelo artefato.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mapeamento Sistemático da Literatura

Quantificação da Influência dos Parâmetros

Validação do Artefato de Quantificação

A Contribuição do Artefato de acordo com a Constructive Research

Visão Acadêmica versus Visão Mercadológica: Os Parâmetros mais Importantes

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui foram discutidos os resultados obtidos em cada uma das etapas descritas na metodologia de pesquisa, do desenvolvimento do artefato até sua validação, finalizando com o enquadramento dos mesmos nos critérios da *Constructive Research* e as devidas implicações.

4.1 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Os parâmetros que influenciam a produtividade mapeados na literatura estão listados na Tabela 1, seguidos da contagem de referências, dos autores que o citaram entre os trabalhos mapeados, e se a influência dos mesmos foi considerada positiva (+) ou negativa (-) na produtividade: as influências positivas aumentam a produtividade, e as negativas a diminuem. Souza (2001) também adotou essa classificação no seu método de previsão da produtividade.

A tabela também mostra a divisão dos parâmetros em categorias e subcategorias, a fim de facilitar o entendimento do artefato e reduzir o processamento do mesmo em relação ao número de regras, já que as mesmas crescem exponencialmente. Essa necessidade se apresentou durante a criação das bases de regras dos sistemas de inferência, que será detalhada mais adiante.

Os parâmetros foram divididos em nove subcategorias, assim definidas:

- a. Psicológico da mão de obra: Aspectos relacionais à mentalidade do trabalhador, percepções do trabalho, durante o desenvolvimento das atividades, que podem influenciar a produtividade;
- b. Físico da mão de obra: Aspectos relacionais à condição física do trabalhador durante o desenvolvimento das atividades, que podem influenciar a produtividade;
- c. Extrínseco à mão de obra: Características da mão de obra relacionadas ao gerenciamento de recursos humanos, diretamente relacionadas ao planejamento da condução do projeto, mas que não são decisão da mão de obra em si, e sim dependentes do gerente de projeto ou da equipe de gerenciamento;
- d. Intrínseco à mão de obra: Características da mão de obra relacionadas ao gerenciamento de recursos humanos, diretamente relacionadas ao planejamento da condução do projeto, que refletem a mão de obra como recurso, e podem depender diretamente das decisões dos próprios trabalhadores;
- e. Planejamento da gerência: Decisões da gerência quanto à condução do projeto, do ponto de vista do planejamento de obras. Decisões em sua maioria feitas antes do início da

construção, relacionadas à postura e interesse do gerente de projeto, e das ferramentas que o mesmo possui antes do início da obra;

f. Habilidade da gerência: Postura da gerência frente a situações ocorridas ao longo do desenvolvimento do projeto, referente à habilidades e experiência da equipe. Ferramentas disponíveis quando um problema/decisão se apresenta no momento da construção;

g. Obra: Aspectos técnicos, ou seja, referentes a insumos e ferramentas, aplicados no contexto da obra, da construção, da execução do projeto em si;

h. Projeto: Aspectos técnicos, ou seja, aplicados quando no desenvolvimento do projeto, escolhas do projetista, experiência do mesmo; e

i. Empresa: Parâmetros mais gerais, à nível de projeto, acima das decisões da mão de obra ou do time de gerenciamento, e sim, em relação à postura da empresa e ao contexto em que o projeto está inserido, e como isso afeta indiretamente a produtividade.

As seis primeiras subcategorias são internas à categoria “Gerencial”, e as três últimas, à categoria “Técnico”. Essa classificação, tanto em categorias como em subcategorias, foram desenvolvidas especialmente para esta pesquisa, após intensa familiarização com o material obtido e em busca da melhor forma de organizar os parâmetros e inseri-los no artefato. Apesar de não ser uma situação ideal, classificações semelhantes, referentes à retratos das percepções do autor, foram encontradas ao longo da literatura pesquisada (NAOUM, 2016), e refletem a subjetividade das influências da produtividade (FAYEK; ODUBA, 2005) e a possibilidade de personalização do artefato referente às necessidades do projeto ao alcance.

TABELA 1 - PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE MAPEADOS NA LITERATURA.

Nº CITAÇÕES	INFLUÊNCIA	PARÂMETROS	AUTORES
PSICOLÓGICO DA MÃO DE OBRA – Total: 20 citações			
10	+	Motivação	Arashpour <i>et al.</i> (2014); El-Gohary e Aziz (2014); Ghoddousi <i>et al.</i> (2015); Graboviy (2016); Hajikazemi <i>et al.</i> (2017); Hiyassat <i>et al.</i> (2016); Jarkas e Radosavljevic (2013); Rivas <i>et al.</i> (2011); Shan <i>et al.</i> (2017); Yeheyis <i>et al.</i> (2016).
2	-	Insatisfação	Arashpour <i>et al.</i> (2014); Li, X. <i>et al.</i> (2016).
2	-	Personalidade	Florez (2017); Florez e Cortissoz (2017).
6	-	Absenteísmo	Ahn <i>et al.</i> (2013); Ibbs e Liu, M. (2011); Rivas <i>et al.</i> (2011); Shehata e El-Gohary (2012); Sichani <i>et al.</i> (2011); Srour <i>et al.</i> (2017).
FÍSICO DA MÃO DE OBRA – Total: 19 citações			
2	-	Fadiga Física	Arashpour <i>et al.</i> (2014); Mostafavi <i>et al.</i> (2012).
6	+	Ergonomia e Saúde do Trabalho	Jin <i>et al.</i> (2017); Nath <i>et al.</i> (2017); Parida e Ray (2015); Weidman <i>et al.</i> (2015); Yi e Chan, (2013); Yi e Wang (2017).
4	+	Conforto	Elzomor e Parrish (2016); Kazaz <i>et al.</i> (2016); Li, X. <i>et al.</i> (2016); Yi e Chan (2013).
7	-	Clima (calor, chuvas, eventos naturais, etc)	Ballesteros-Perez <i>et al.</i> (2017); Hwang, S. e Liu, L. (2010); Jayasinghe e Fernando (2017); Liu, X. <i>et al.</i> (2016); Minchin Jr. <i>et al.</i> (2011); Nojedehi e Nasirzadeh (2017); Vessely <i>et al.</i> (2017).
EXTRÍNSECO À MÃO DE OBRA – Total: 22 citações			
5	+	Formação de equipes de trabalho	Azizi e Liang (2013); Fini <i>et al.</i> (2016); Florez, 2017; Florez e Cortissoz (2016); Sveikauskas <i>et al.</i> (2016).
4	+	Remuneração da mão de obra	Ghoddousi <i>et al.</i> (2015); Hajikazemi <i>et al.</i> (2017); Jarkas e Radosavljevic (2013); Thomas, A. <i>et al.</i> (2013).
4	+	Turnos de trabalho	Hwang, S. e Liu, L. (2010); Jun e El-Rayes (2010); Nguyen <i>et al.</i> (2014); Woo (2016).
2	+	Alojamentos (mão de obra habitando o canteiro)	Elzomor e Parrish (2016); Kazaz <i>et al.</i> (2016).
6	+	Segurança do trabalho	Dai e Goodrum (2011); Liu, X. <i>et al.</i> (2016); Moon <i>et al.</i> (2014); Shan <i>et al.</i> (2017); Tsehayae e Fayek (2014); Yi e Chan (2013).
1	+	Treinamento da mão de obra	Arashpour <i>et al.</i> (2014).
INTRÍNSECO À MÃO DE OBRA – Total: 19 citações			
2	-	Mão de obra imigrante (regularização, comunicação)	Dai e Goodrum (2011); Sveikauskas <i>et al.</i> (2016).
8	+	Curva de Aprendizado (ou Efeito Aprendizado)	Ibbs e Liu, M. (2011); Fini <i>et al.</i> (2016); Jarkas (2010c, 2016, 2017); Khanh e Kim, S. (2014); Kim, H. <i>et al.</i> (2015); Lee, B. <i>et al.</i> (2015).
9	+	Experiência e habilidade da mão de obra	Durdyev e Ismail (2016); El-Gohary e Aziz (2014); El-Gohary <i>et al.</i> (2017); Florez (2017); Hiyassat <i>et al.</i> (2016); Hwang, B. <i>et al.</i> (2017); Jammaers <i>et al.</i> (2016); Jarkas (2015); Lee, B. <i>et al.</i> (2015).

(CONTINUA)

TABELA 1 – PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE MAPEADOS NA LITERATURA (CONTINUAÇÃO).

PLANEJAMENTO DA GERÊNCIA – Total: 16 citações			
5	+	Alocação de recursos, <i>buffers</i> e paralelismo	Francis e Morin-Pepin (2017); Nazarko e Chodakowska (2015); Cho <i>et al.</i> (2011); González <i>et al.</i> (2011); Russell <i>et al.</i> (2013).
5	+	Ferramentas de Planejamento (Uso de BIM, Construção Enxuta, <i>Benchmarking</i> , e outros)	Abbasian-Hosseini <i>et al.</i> (2014); Han <i>et al.</i> (2012); Poirier <i>et al.</i> (2015); Shehata e El-Gohary (2012); Zhang, D. <i>et al.</i> (2017).
4	+	Escopo das Atividades (complexidade, tamanho, escopo, repetitividade)	Ibbs e Liu, M. (2011); Bonham <i>et al.</i> (2017); Florez (2017); Khanh e Kim, S. (2014).
2	+	Linhas de base de produtividade	Shahtaheri <i>et al.</i> (2015); Zhang, D. <i>et al.</i> , (2017).
HABILIDADE DA GERÊNCIA – Total: 53 citações			
23	+	Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente (coordenação, supervisão e monitoramento)	Abbasian-Hosseini <i>et al.</i> (2014); Caldas <i>et al.</i> (2015); Chanmeka <i>et al.</i> (2012); Gurmu <i>et al.</i> (2016); Hajifathalian <i>et al.</i> (2016); Han <i>et al.</i> (2012); Heravi e Eslamdoost (2015); Jarkas (2015); Jarkas e Bitar (2012); Jayasinghe e Fernando (2017); Jin <i>et al.</i> (2017); Moon <i>et al.</i> (2014); Nasir <i>et al.</i> (2016); Nasir e Bargstädt (2017); Nojedehe e Nasirzadeh (2017); Park <i>et al.</i> (2013); Poirier <i>et al.</i> (2015); Rivas <i>et al.</i> (2011); Shan <i>et al.</i> (2016); Soleimanifar <i>et al.</i> (2014); Torabi e Mahlooji (2016); Wambeke <i>et al.</i> (2012); Wan <i>et al.</i> (2013).
9	+	Comunicação entre recursos humanos em geral (<i>Requests For Information - RFI</i>)	Bierman <i>et al.</i> (2016); Dadi <i>et al.</i> (2014); Dai e Goodrum (2011); Hanna <i>et al.</i> (2013); Heravi e Eslamdoost (2015); Hiyassat <i>et al.</i> (2016); Jarkas <i>et al.</i> (2015); Nasir e Bargstädt (2017); Ruwanpura <i>et al.</i> (2012).
2	-	Conflitos entre recursos humanos (greves)	Bierman <i>et al.</i> (2016); Wan <i>et al.</i> (2013).
19	+	Fluxo de trabalho (variabilidade ou flexibilidade ou previsibilidade, retrabalho, mudanças de escopo ou “ <i>change orders</i> ”)	Abbasian-Hosseini <i>et al.</i> (2014); Arashpour <i>et al.</i> (2014); Cheng, M. <i>et al.</i> (2015); Gouett <i>et al.</i> (2011); Hajikazemi <i>et al.</i> (2017); Han <i>et al.</i> (2012); Hwang, B. <i>et al.</i> (2014); Jarkas <i>et al.</i> (2015); Jarkas e Bitar (2012); Jarkas e Radosavljevic (2013); Kazaz <i>et al.</i> (2016); Lee, B. <i>et al.</i> (2015); Liu, M. <i>et al.</i> (2011); Shehata e El-Gohary (2012); Shen, Y. <i>et al.</i> (2017); Taylor <i>et al.</i> (2012); Wambeke <i>et al.</i> (2011); Zhang, L. <i>et al.</i> (2017); Zhang, D. <i>et al.</i> (2017).
OBRA – Total: 36 citações			
11	+	<i>Layout</i> do Canteiro (incluindo posicionamento de materiais e equipamentos, gerenciamento)	Cheng, T. <i>et al.</i> (2013); Elzomor e Parrish (2016); Francis e Morin-Pepin (2017); Golabchi <i>et al.</i> (2016); Ibrahim e Moselhi (2016); Jin <i>et al.</i> (2017); Kazaz <i>et al.</i> (2016); Park <i>et al.</i> (2013); Gurmu <i>et al.</i> (2016); Kim, H. <i>et al.</i> (2015); Nojedehe e Nasirzadeh (2017).
8	+	Transporte de Materiais	Dai e Goodrum (2011, 2012); El-Gohari e Aziz (2014); Hajikazemi <i>et al.</i> (2017); Hwang, B. <i>et al.</i> (2014); Kim, T. <i>et al.</i> (2014); Lee, B. <i>et al.</i> (2015); Shehata e El-Gohary (2012).

(CONTINUA)

TABELA 1 – PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE MAPEADOS NA LITERATURA (CONTINUAÇÃO).

OBRA (Continuação)			
12	+	Uso de Equipamentos	Cho <i>et al.</i> (2011); Golparvar-Fard <i>et al.</i> (2013); Hong <i>et al.</i> (2011); Hwang, B. <i>et al.</i> (2017); Lee, G. <i>et al.</i> (2012); Li, Y. e Liu, C. (2012); Ma <i>et al.</i> (2016); Nazarko e Chodakowska (2015); Shen, Z. <i>et al.</i> (2011); Tsehayae e Fayek (2014); Waris <i>et al.</i> (2014); Yun <i>et al.</i> (2011).
5	+	Pré-fabricados e pré-moldados	Ansari <i>et al.</i> (2016); Azimi <i>et al.</i> (2012); Bonham <i>et al.</i> (2017); Hanna <i>et al.</i> (2017); Poirier <i>et al.</i> (2015).
PROJETO – Total: 25 citações			
7	+	Métodos Construtivos (tipo de material escolhido, técnica, “escolhas do engenheiro)	Bonham <i>et al.</i> (2017); Jarkas (2017); Rich <i>et al.</i> (2015); Shan <i>et al.</i> (2014); Thomas, A. <i>et al.</i> (2013); Yun <i>et al.</i> (2011); Zare <i>et al.</i> (2016).
5	+	Construtibilidade e Trabalhabilidade	Jarkas (2010a, b, 2012a, b, 2017).
3	+	Racionalização e Normalização	Jarkas (2010a, b, 2012b).
10	+	Clareza das especificações técnicas	Bierman <i>et al.</i> (2016); Chanmeka <i>et al.</i> (2012); Jarkas e Bitar (2012); Jarkas <i>et al.</i> (2015); Lee, M. <i>et al.</i> (2017); Minchin Jr. <i>et al.</i> (2011); Parvan <i>et al.</i> (2015); Russell <i>et al.</i> (2013); Wambeke <i>et al.</i> (2011); Wan <i>et al.</i> (2013).
EMPRESA – Total: 8 Citações			
1	-	Burocracia	Durdyev e Ismail (2016).
1	+	Feedback pós-construção	Parvan <i>et al.</i> (2015).
4	+	Mercado (financeiro, industrial, etc) e Contexto da Obra	Lee, G. <i>et al.</i> (2012); Liu, B. <i>et al.</i> (2016); Tsehayae e Fayek (2016a); Yi e Chan (2014).
2	+	Lucro final do projeto	Choi <i>et al.</i> (2013); Choi e Lee, H. (2016).

Fonte: Autoria Própria (2018)

Percebe-se primeiramente que os parâmetros gerenciais superam bastante, em número, os parâmetros técnicos, indicando um foco claro de preocupação acadêmica. Apesar disso, é possível observar um grande número de citações endossando os poucos parâmetros técnicos. As subcategorias, colocadas em ordem decrescente de número total de citações, ficam assim organizadas:

1. Habilidade da Gerência
2. Obra
3. Projeto
4. Extrínseco à Mão de Obra
5. Psicológico da Mão de Obra
6. Físico da Mão de Obra e Intrínseco à Mão de Obra
7. Planejamento da Gerência
8. Empresa

Portanto, apesar de possuir apenas três subcategorias, os parâmetros técnicos estão em segundo e terceiro lugar em número de citações na ordem das subcategorias, o que pode indicar uma coesão maior de suas referências e também um endosso acadêmico, dada a quantidade de trabalhos que seus termos agrupam.

O parâmetro gerencial com mais citações entre os trabalhos analisados foi “Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente”, provavelmente por ser um tópico que agregou muitos aspectos generalizados do gerenciamento encontrados ao longo da literatura, como “coordenação entre as diferentes equipes” (ABBASIAN-HOSSEINI *et al.*, 2014), “supervisão em nível adequado” (HERAVI; ESLAMDOOST, 2015; RIVAS *et al.*, 2011), “planejamento na fase de pré-projeto” (GURMU *et al.*, 2016), entre outros, ou seja, não necessariamente relacionáveis a uma técnica ou metodologia em si. Também é um termo abrangente e impreciso, agrupando outros problemas não claramente identificados nas publicações.

Essa foi a diferença entre o parâmetro “Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente”, e os parâmetros da subcategoria “Planejamento da Gerência”. O primeiro termo agrupou as referências que foram genéricas ou imprecisas em relação à uma aplicação direta de gerenciamento e planejamento. Já os parâmetros que formam a subcategoria “Planejamento da Gerência” foram citados nominalmente nas referências. Por exemplo, Abbasian-Hosseini *et al.* (2014) usaram construção enxuta para simular um processo de levantamento de alvenaria de tijolo, locado em “Ferramentas de Planejamento”, enquanto Cho *et al.* (2011) usaram cronograma linear para aproveitar a repetitividade da construção e aumentar a produtividade, locado em “Alocação de Recursos, *buffers* e paralelismo”. Então, podemos interpretar a subcategoria “Planejamento da Gerência” como derivada do parâmetro “Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente”, o que com certeza contribuiu para o baixo número de citações na subcategoria, mas pode ser interpretada como uma tentativa de diminuir as citações do parâmetro e sua posição como *outlier* da pesquisa.

O parâmetro técnico mais citado foi “*Layout* de Canteiro (incluindo gerenciamento e posicionamento de equipamentos e materiais)” (CHENG, T. *et al.*, 2013; ELZOMOR; PARRISH, 2016; FRANCIS; MORIN-PEPIN, 2017; GOLABCHI *et al.*; 2016). Os trabalhos que citam esse parâmetro comentam a importância de reduzir tempos de espera e de transporte, deixando o material necessário sempre ao alcance dos trabalhadores, a fim de melhorar a produtividade. A disposição do canteiro, em relação ao posicionamento de maquinário, dos

materiais e ferramentas, assim como locais de descanso, foram preocupações dessas referências.

Além dos dois parâmetros anteriores, outros quatro receberam mais de 10 citações, o que, segundo as funções de pertinência usadas neste trabalho (Figura 12), os caracterizam como de alta influência. São os seguintes: Motivação, Fluxo de Trabalho, Uso de Equipamentos e Clareza de Projeto.

Apesar de Yeheyis *et al.* (2016) utilizarem como base a Teoria da Expectativa desenvolvida por Vroom, Raoufi e Fayek (2018a, 2018b) acreditam que a motivação da mão de obra na construção civil vai além da teoria da expectativa, e que precisa ser estudada mais a fundo porque não está em completa concordância com teorias de motivação organizacionais famosas, devido ao caráter particular da construção civil, especialmente quanto ao arranjo dos trabalhadores em equipes. Eles também comentam que a perspectiva individual não deve ser separada da perspectiva grupal, pois a primeira alimenta a segunda.

Raoufi e Fayek (2018b) definem a motivação como uma combinação de quatro conceitos: eficácia, identificação, coerência e compromisso, cada um com seus próprios fatores de influência. Mais do que isso, os autores comentam que muitos parâmetros tomados como influência direta na produtividade servem como moderadores da relação entre motivação e desempenho. Os autores chegaram a 14 fatores moderadores: tipo de tarefa, repetição da tarefa, visibilidade do resultado, tamanho da equipe, conhecimento do mestre de obra, monitoramento do desempenho, comunicação, fixação de objetivos, relacionamento profissional, construção de confiança, gerenciamento do tempo do projeto, gerenciamento do custo do projeto, localização dos ambientes, e congestionamento de equipes.

Sobre o parâmetro seguinte, “Fluxo de Trabalho”, Arashpour *et al.* (2014) ressaltam o aspecto dinâmico da execução de um projeto, causado tanto por mudanças de design e falta de recursos quanto pela demanda inconstante e a capacidade mal dimensionada do canteiro. Manter o fluxo de trabalho estável, segundo eles, é garantir que o projeto seja entregue no prazo. Enquanto os autores sugerem sistemas de *pull production*, no qual a próxima etapa só é autorizada quando a anterior foi liberada, Han *et al.* (2012) sugerem remover atividades que não agregam valor à produção, aplicando conhecimentos da construção enxuta.

Porém, os autores comentam que as atividades que não agregam valor geralmente se devem a mudanças no *design*, as chamadas *change orders*, também estudadas por Cheng, M. *et al.* (2015) quando analisando o fluxo de trabalho. Segundo Cheng, M. *et al.*, as mudanças no

escopo do trabalho são fáceis de quantificar quanto à alteração de materiais, mão de obra, qualidade, etc, mas não quanto à perda de produtividade. Abbasian-Hosseini *et al.* (2014) também trazem ensinamentos da construção enxuta quando analisam a linha de produção de uma parede de tijolos, a fim de agregar mais valor onde possível, especialmente quanto ao transporte de materiais.

Tempos auxiliares são estudados mais a fundo na técnica de *work sampling*, com a qual Hajikazemi *et al.* (2017) analisou oito projetos na indústria norueguesa. Segundo os autores, tempos improdutivos, ou seja, que não são úteis, incluem tempo à espera de instruções, retrabalho, e até mesmo transporte de material indevidamente armazenado. Entender como o trabalhador gasta o seu tempo em diferentes atividades é importante para entender onde o tempo está sendo desperdiçado e que esforços de melhoria devem ser implementados. A técnica de *work sampling* é uma ferramenta comumente adotada no estudo da produtividade da mão de obra, mas outras referências apontam que na verdade ela não analisa o índice pois considera apenas entradas, sem as saídas correspondentes.

Gouett *et al.* (2011) também analisam o “Fluxo de Trabalho”, mas complementando a técnica de *work sampling* com o processo de melhoria contínua. Os autores comentam outro ponto negativo da técnica de *work sampling*: que a mesma registra um enxerto do tempo, sem se preocupar com o antes e o depois, ou até mesmo as circunstâncias, portanto, os dados não contribuem para entender as causas da baixa produtividade. Por isso, os mesmos adotam a análise de atividade, que possui ambos os aspectos, para analisar 16 projetos industriais nos EUA. Entre as sugestões para melhoria do tempo direto, estão o planejamento quando ao congestionamento do canteiro e o aumento do gerenciamento nos horários de maior gasto de tempo pessoal.

Quanto ao parâmetro “Uso de Equipamentos”, segundo Waris *et al.* (2014), a crescente necessidade de infraestrutura e industrialização após a Segunda Guerra Mundial provocou uma evolução dos métodos manuais para a mecanização e o uso de equipamentos, a fim de cumprir prazos menores e entregar projetos mais exigentes tecnicamente. Portanto, o emprego de equipamentos tem como objetivos o aumento da produtividade, a melhoria do desempenho e o cumprimento de padrões de qualidade e eficiência. Trabalhos mais recentes já fazem simulações computacionais a fim de identificar a melhor localização dos equipamentos em um canteiro, para encurtar distâncias e limitar obstáculos (BRISKORN; DIENSTKNECHT, 2019). De fato, a contribuição dos equipamentos para a produtividade da obra é significativa a ponto de receber encorajamentos para estudos específicos, analisando apenas produtividade das

atividades com uso intensivo de equipamentos (SERESHT; FAYEK, 2018), que costumam ser: movimento de terra, elevação de estruturas de aço, concretagem, pinturas e finalizações, entre outras (WARIS *et al.*, 2014).

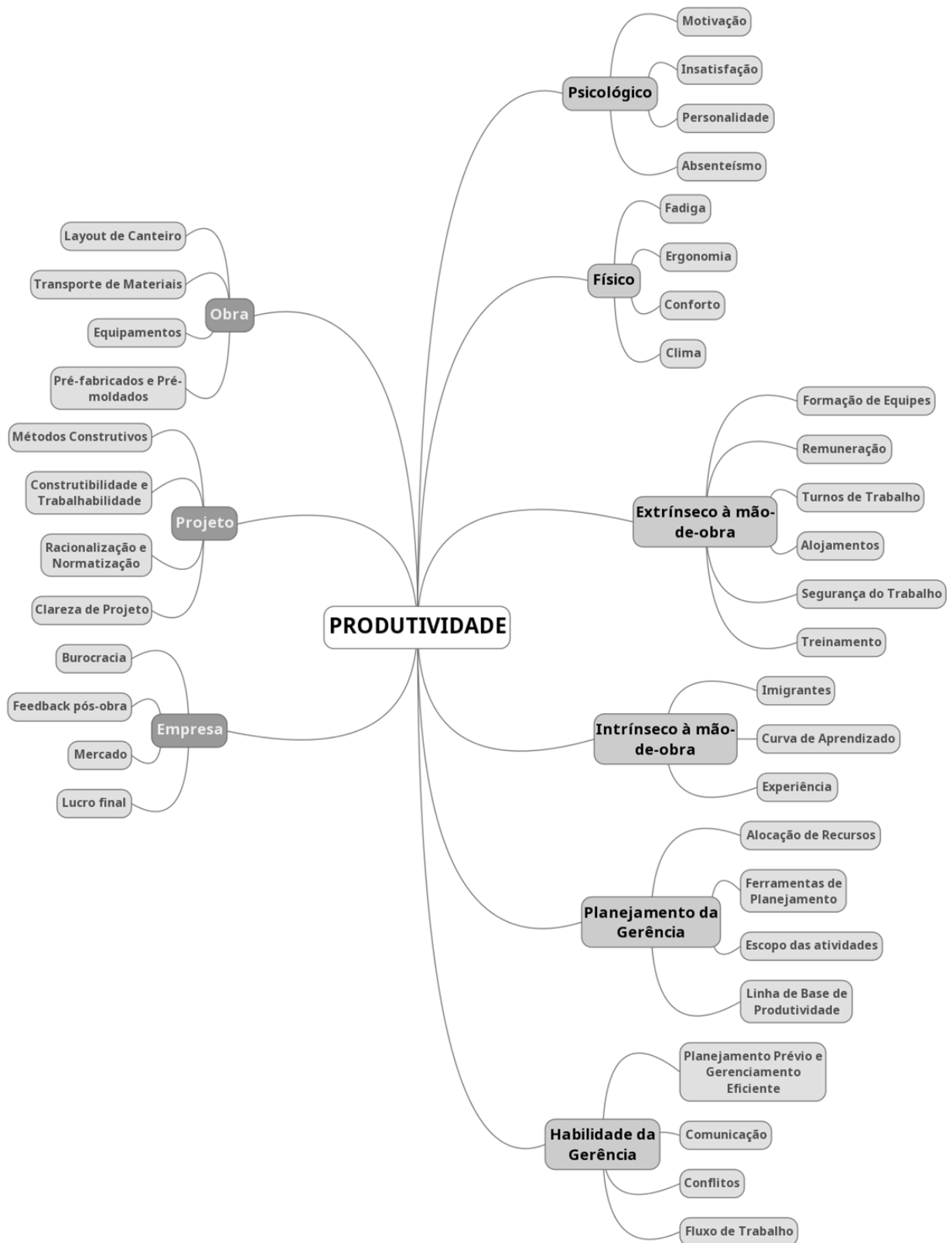
“Clareza nas especificações técnicas” e nos projetos de uma obra, seja relacionado à coordenação ou comunicação, são frequentemente apontados como grandes influências na produtividade da mão de obra (BIERMAN *et al.*, 2016; JARKAS, 2015), inclusive foi apontado como fator principal de influência por Jarkas e Bitar (2012) quando avaliando os fatores que afetam a produtividade na indústria de construção do Kuwait. Lee, M. *et al.* (2017) comentam a importância dos desenhos técnicos não só pela trabalhabilidade e produtividade dos projetos, mas também para melhorar o gerenciamento da informação e a criação de cronogramas mais confiáveis. Parvan *et al.* (2015) conseguiram quantificar o impacto que os desenhos técnicos podem ter durante a execução do projeto avaliando 15 casos e analisando os *feedbacks* entre as fases de *design* e de construção. A conclusão foi de que os *feedbacks* explicaram 20% da variabilidade dos custos totais.

A complexidade da análise das influências da produtividade novamente se torna perceptível com a discussão anterior dos seis parâmetros mais citados. Apenas entre eles, foi possível perceber que um cita o outro frequentemente como causa ou consequência da problemática, por exemplo, quando o fluxo de trabalho varia com o surgimento de mudanças de escopo. Como Raoufi e Fayek (2018a, b) e Tsehayae (2015) comentam em seus trabalhos, muitos parâmetros são dependentes uns dos outros, agindo como moderadores ou encadeamentos das influências na produtividade, o que naturalmente provoca complexidade nos modelos que tentam reproduzir essas relações.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS

A seguir, os parâmetros e suas respectivas categorias e subcategorias foram organizadas em forma de mapa mental, na Figura 17. Como esquematizado, as influências contabilizadas a nível de parâmetro passarão à subcategoria, que passarão à categoria, que culminarão na produtividade da mão de obra, ou seja, os sistemas operarão das extremidades para o centro do mapa. As interdependências consideradas para construção do artefato, portanto, foram analisadas apenas dentro de cada subcategoria.

FIGURA 17 – PARÂMETROS DIVIDIDOS EM SUBCATEGORIAS E CATEGORIAS, COM INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.



Fonte: Autoria Própria (2019).

As Figuras 18 e 19, por sua vez, mostram esquematicamente os sistemas de inferência criados para calcular as influências. Cada subcategoria compôs um sistema de inferência *fuzzy* completo, com *inputs*, base de regras e *outputs*, como está mostrado em detalhes à esquerda, tomando como exemplo a subcategoria “Psicológico da mão de obra”. O sistema em detalhe à esquerda foi repetido para cada subcategoria e seus parâmetros. Num segundo momento, seus resultados foram levados como *input* dos sistemas de inferência das categorias, cujos detalhes podem ser vistos à direita da figura. Portanto, foram criados oito sistemas para a categoria gerencial, e quatro para a categoria técnico, como esquematizado no centro de ambas as figuras. As figuras também enfatizam o uso das funções de pertinência, cujo formato (triangular ou trapezoidal) e o domínio estão especificados de acordo com a etapa pertinente, como explicado na Metodologia de Pesquisa.

A divisão dos parâmetros em sistemas de acordo com suas subcategorias teve como objetivo otimizar a criação da base de regras e o processamento do artefato. Sobre isso, Fayek e Oduba (2005) perceberam a inviabilidade de usar um alto número de fatores como *inputs* devido ao crescimento exponencial de regras que isso geraria. Logo, eles dividiram cada modelo em vários submodelos. Tsehayae (2015) afirma que o aumento do número de regras, apesar de aumentar a precisão, dificulta significativamente a interpretação do sistema. As subcategorias do artefato desenvolvido para esta pesquisa emulam os submodelos de Fayek e Oduba (2005), e essa divisão ocorreu logo na fase de compilação dos parâmetros de influência, por isso, foram apresentadas na Tabela 1. Trabalhou-se com um máximo de quatro parâmetros por subcategoria. Para subcategorias com mais de quatro parâmetros, os mesmos foram divididos em dois grupos menores, que foi o caso da subcategoria “Extrínseco à Mão de Obra”. Nas Figuras 18 e 19, é possível perceber a divisão dessa subcategoria em A e B. Isso quer dizer que os parâmetros na subdivisão A tiveram suas interdependências analisadas entre si, assim como os parâmetros da subdivisão B, mas as interdependências entre os parâmetros em A e B não foram contempladas.

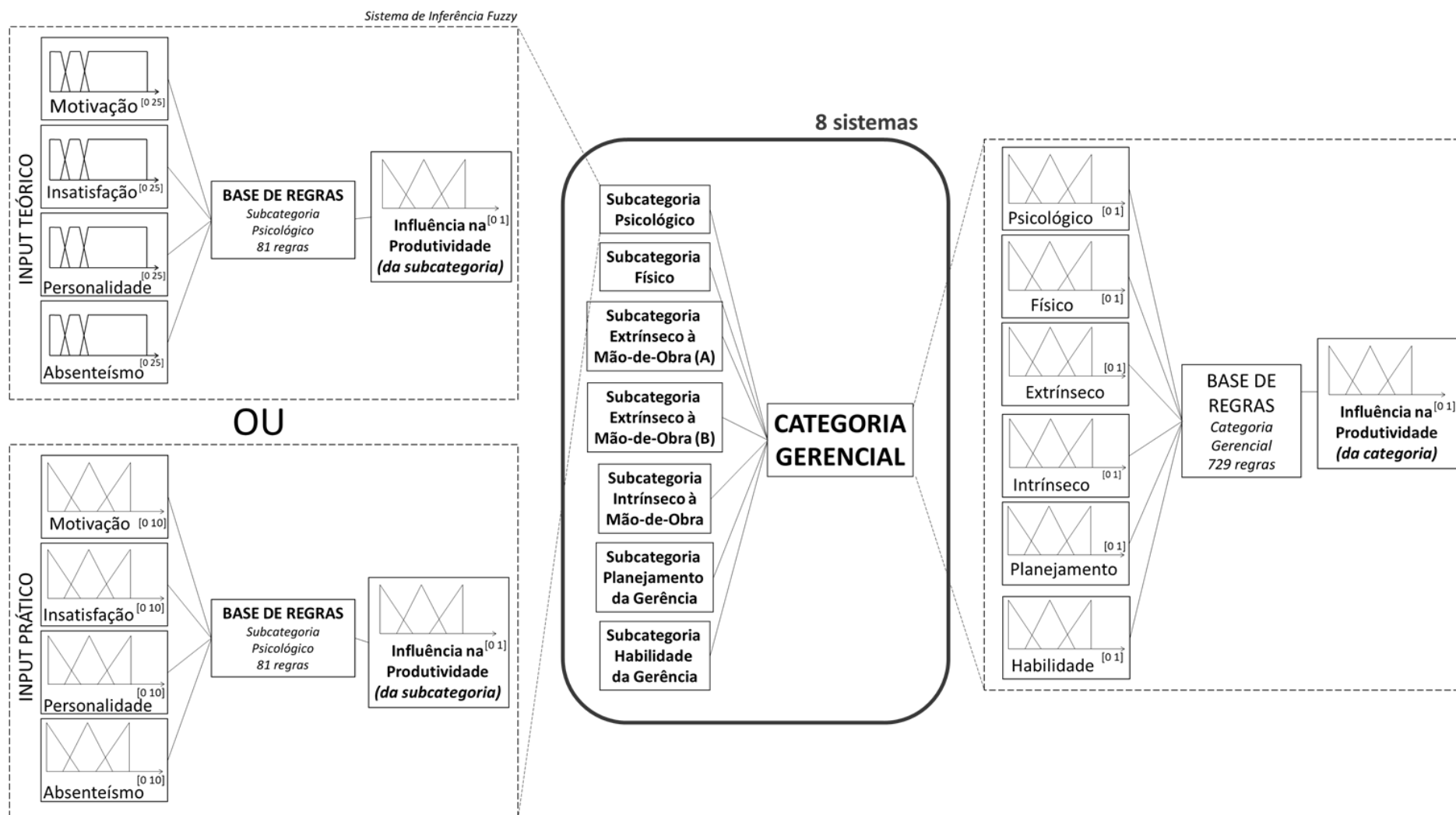
Passando então à criação das bases de regras, de acordo com a Equação 6, os sistemas com 3 *inputs* serão regidos por $3^3 = 27$, regras, enquanto aqueles com 4 *inputs* serão regidos por $3^4 = 81$ regras. O sistema da categoria “Gerencial”, especialmente, possui $3^6 = 729$ regras, pois possui seis *inputs*, que são as suas subcategorias. A fim de evitar a inserção trabalhosa de outras 729 regras para a subcategoria “Extrínseco à Mão de Obra”, que exigiria uma análise regra-a-regra da interdependência dos seis parâmetros, preferiu-se dividir essa subcategoria em duas, simbolizadas por 3A e 3B. Os seus valores *crisp* de saída foram combinados antes de

serem inseridos no sistema *fuzzy* da categoria, com outro sistema de inferência, composto por dois *inputs* (Extrínseco A e B) e um *output* (Extrínseco total). As 729 regras da categoria gerencial, por outro lado, foram mais simplesmente inseridas, pois considerou-se que todos os *inputs* contribuem de forma proporcional para o resultado do *output*.

Importante destacar que nos sistemas de inferência do segundo momento de interação, no qual os valores das subcategorias foram tomados como *inputs* para gerar *outputs* que representam a categoria como um todo, tanto as funções de pertinência dos *inputs* como dos *outputs* são as três funções triangulares representadas na Figura 14. A intenção foi uniformizar a linguagem dos resultados finais a fim de facilitar a análise. Além disso, essas funções de pertinência têm ótima partição, sobreposição e normatização de valores, características desejáveis de acordo com Zhao *et al.* (2013), tornando-as de fácil entendimento.

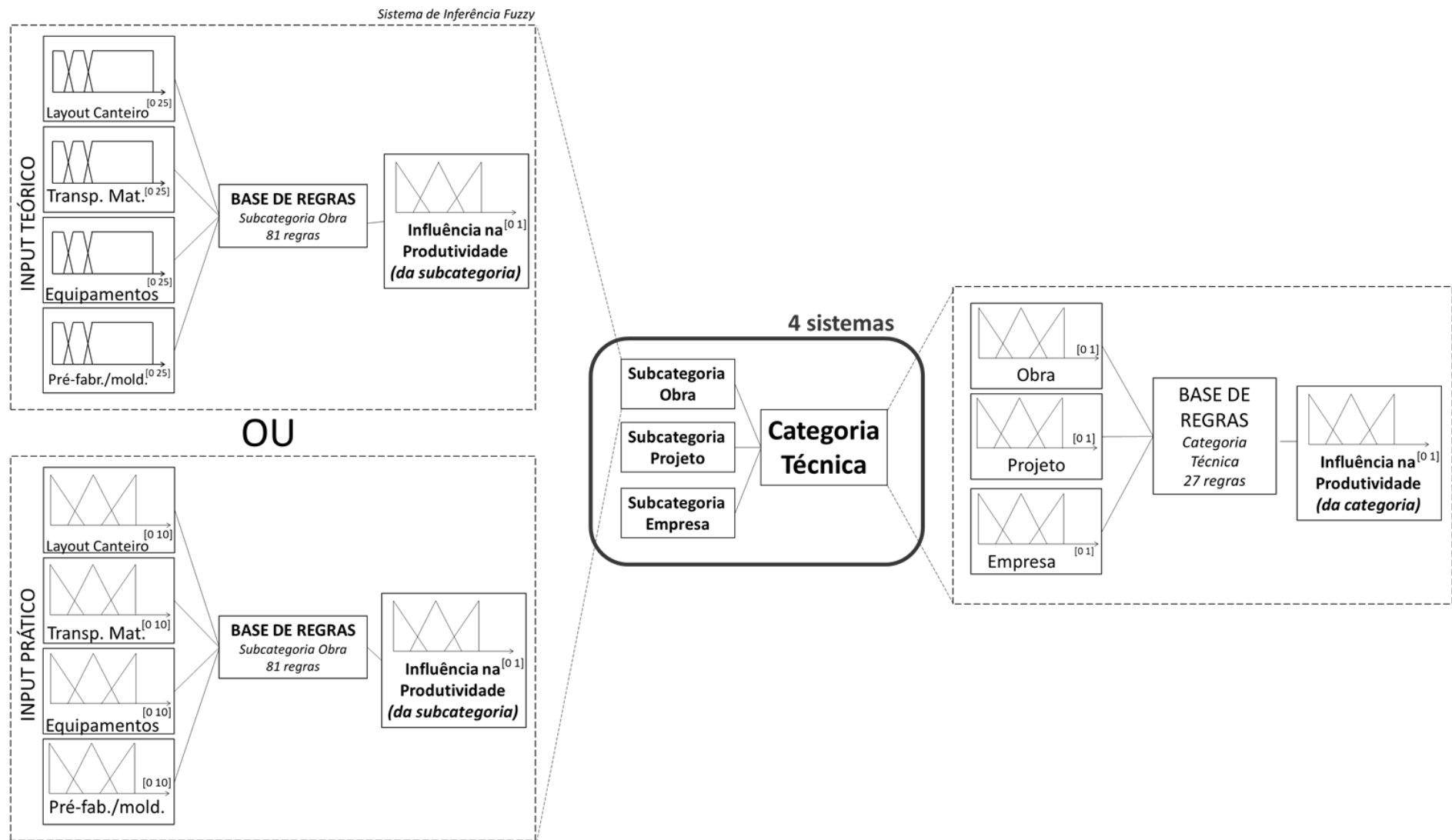
Por fim, a Tabela 2 mostra os resultados da inserção dos valores *crisp* referentes ao número de citações nos seus respectivos sistemas de inferência. Os resultados podem ser visualizados por subcategoria e por categoria, e variam de 0 a 1.

FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY DAS SUBCATEGORIAS NA CATEGORIA GERENCIAL.



Fonte: Autoria Própria (2018).

FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY DAS SUBCATEGORIAS NA CATEGORIA TÉCNICA.



Fonte: Autoria Própria (2018).

TABELA 2 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS VALORES *CRISP* DA TABELA 1 NO ARTEFATO.

<i>INPUT CRISP</i>	PARÂMETROS	SUBCATEGORIA	<i>OUTPUT CRISP</i> SUBCATEGORIA	<i>OUTPUT CRISP</i> CATEGORIA
10	Motivação			
2	Insatisfação			
2	Personalidade	Psicológico da mão de obra	0,5	
6	Absenteísmo			
2	Fadiga Física			
6	Ergonomia e Saúde do Trabalho	Físico da mão de obra	0,5	
4	Conforto			
7	Clima			
5	Formação de Equipes			
4	Remuneração	Extrínseco à mão de obra (A)	0,365	
4	Turnos de Trabalho			
2	Alojamentos			
6	Segurança do Trabalho	Extrínseco à mão de obra (B)	0,13	
1	Treinamento			
2	Mão de obra imigrante			
8	Curva de Aprendizado	Intrínseco à mão de obra	0,635	
9	Experiência e Habilidade da mão de obra			
5	Alocação de Recursos, Buffers e Paralelismo			
5	Ferramentas de Planejamento	Planejamento da Gerência	0,365	
4	Escopo das Atividades			
2	Linha de Base da Produtividade			
23	Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente			
9	Comunicação	Habilidade da Gerência	0,847	
2	Conflitos			
19	Fluxo de Trabalho			
11	Layout de Canteiro			
8	Transporte de Materiais	Obra	0,87	
12	Uso de Equipamentos			
5	Pré-fabricados e Pré-moldados			
7	Métodos Construtivos			
5	Construtibilidade e Trabalhabilidade	Projeto	0,5	
3	Racionalização e Normatização			
10	Clareja de Projeto			
1	Burocracia			
1	Feedback pós-obra	Empresa	0,365	
2	Mercado e Contexto da Obra			
4	Lucro Final do Projeto			

GERENCIAL

0,5

TÉCNICO

0,5

Fonte: Autoria Própria (2018).

A base de regras levou em conta as influências positivas e negativas dos parâmetros na produtividade, exibidas na Tabela 1. Essas influências também foram importantes para a interpretação dos resultados gerados pelo artefato, pois elas podem ter sido ampliadas ou anuladas, dependendo da interação entre os parâmetros. Isso quer dizer que parâmetros com altas citações em categorias com *outputs crisp* baixos tiveram seu efeito anulado pelos parâmetros de influência negativa, e vice-versa. Foi o caso da subcategoria “Psicológico da Mão de Obra”, que possui um parâmetro positivo e três negativos. Apesar do parâmetro positivo, a motivação, ter o maior valor *input crisp*, o resultado final da subcategoria foi mediano, o que mostra que os parâmetros negativos precisam também receber atenção do gerente de projeto, de forma a não prejudicarem esforços positivos de melhoria.

Levando em conta a influência positiva ou negativa dos parâmetros, a subcategoria “Psicológico da Mão de Obra”, com três parâmetros de influência negativa e um de influência positiva, teve relativo alto resultado. Motivação e Absenteísmo foram os parâmetros com mais citações da subcategoria. O absenteísmo, especialmente, agiu como anulador do efeito positivo da alta influência da motivação, levando ao valor final mediano da subcategoria. Apesar de ter recebido poucas citações nesse mapeamento, o parâmetro já foi amplamente discutido, especialmente porque o mesmo pode ter os seus próprios fatores de influência (SICHANI *et al.*, 2011), muitas vezes psicológicos e comportamentais (AHN *et al.*, 2013), como por exemplo, as amenidades disponíveis no canteiro ou o bem-estar do trabalhador (GUPTA *et al.*, 2018).

A subcategoria “Físico da mão de obra” só teve um parâmetro de destaque, “Clima”, que remonta ao Modelo dos Fatores de Thomas, H. e Yakoumis (1987). O mesmo foi contabilizado como de influência negativa, ou seja, quando condições adversas de clima impossibilitam o trabalho. “Ergonomia” veio logo abaixo, que recebeu recente endosso (GUPTA *et al.*, 2018).

Também de alta influência foi o parâmetro “Curva de Aprendizado” na subcategoria “Intrínseco à mão de obra”, que também remonta ao Modelo dos Fatores (THOMAS, M.; YAKOUMIS, 1987). Os autores destacam a importância de manter as condições do ambiente de trabalho as mais constantes possíveis, a fim de possibilitar ao trabalhador o foco dedicado na atividade e, por consequente, seu aperfeiçoamento e mecanização. A curva de aprendizado, ou melhor, o seu efeito positivo, precisa estar ligado à preocupação com o fluxo de trabalho, parâmetro já discutido anteriormente.

Paralelamente, a subcategoria “Extrínseco à Mão de Obra” teve resultados baixos, o que condiz com as referências que já chegaram à conclusão de que a “Remuneração” não apresenta real influência na produtividade. Ghodrati *et al.* (2018) encontraram em seu trabalho que a remuneração ficou em penúltimo lugar de sete categorias avaliadas com relação às estratégias de gerenciamento. Quando ao parâmetro “Incentivos”, que não apresentou alta influência neste modelo, existem algumas divergências entre os trabalhos, uns encorajando (GHODRATI *et al.*, 2018) outros confirmando baixa influência (GUPTA *et al.*, 2018).

Surpreendentemente, soluções conhecidas pelo seu aumento da produtividade como “Pré-fabricados e Pré-moldados”, “Racionalização e Normatização” e “Transporte de Materiais no Canteiro” não foram tão popularmente citadas quando “Layout de Canteiro” e “Clareza de Projeto”. Já o alto número de citações de “Uso de Equipamentos” era esperado. Todos esses parâmetros, porém, ainda foram bem citados e elevaram suas subcategorias dentro da categoria técnico. Porém, os parâmetros na subcategoria “Empresa” não foram tão bem citados, provavelmente por estarem mais distantemente relacionados à produtividade e ter sua influência pouco perceptível.

Importante destacar que todos os parâmetros da categoria técnico influenciam positivamente a produtividade, então constituem boas escolhas como estratégias de gerenciamento, exceto o parâmetro “Burocracia”, que influencia negativamente, porém, só teve uma citação, apesar da visão do mercado brasileiro de que a mesma influencia bastante na abertura de novos negócios.

4.3 VALIDAÇÃO DO ARTEFATO DE QUANTIFICAÇÃO

A validação do artefato foi comentada a seguir em três esferas: teórica, ou seja, em comparação aos trabalhos acadêmicos anteriores e endossada por eles; prática, com a aceitação por parte de profissionais não-pesquisadores, também chamada “*face validity*” (LUCKO; ROJAS, 2010); e estatística, buscando um comportamento de população dos valores obtidos. Encontrar um comportamento de população entre os dados coletados mostra entendimento do artefato por parte dos entrevistados, e as respostas servem como exemplos de aplicação para aqueles que estão aprendendo a manusear o mesmo.

A validação teórica, cujo método foi o mapeamento sistemático da literatura, foi discutida extensamente nas Seções 4.1 e 4.2. O artefato foi capaz de expressar quantitativamente a percepção acadêmica sobre os parâmetros de produtividade, inclusive daqueles com alto teor linguístico, como “Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente”.

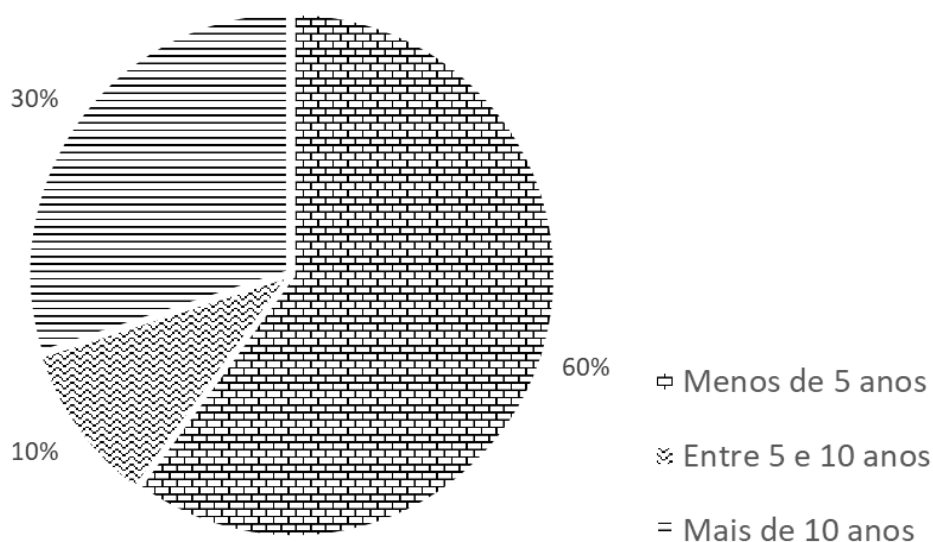
Além disso, a exposição dos parâmetros com maiores citações mostrou como uns dependem dos outros e influenciam os mesmos, e como essa característica é importante na modelagem da produtividade, tendo sido, portanto, incluída no artefato de forma a absorver as conclusões acadêmicas.

Já o método de validação das esferas prática e estatística foi o questionário, aplicado entre os gerentes de projeto. Um questionário eletrônico foi enviado a diversos profissionais e ficou aberto a respostas por dois meses, do dia 3 de outubro a 3 de dezembro de 2018. Foram coletadas 20 respostas para a primeira etapa do questionário, e 11 respostas para a segunda etapa.

4.3.1 Questionário (1ª etapa): Quantificação dos Parâmetros

As três perguntas iniciais do questionário na primeira etapa da pesquisa buscaram formar um perfil básico do profissional entrevistado, para formar uma lista de contatos básicos necessários ao envio da segunda etapa do questionário, e também para analisar a experiência do profissional como gerente de projeto em anos. A Figura 20 mostra a distribuição dos profissionais nas classes de anos criadas.

FIGURA 20 – EXPERIÊNCIA (EM ANOS) COMO GERENTE DE PROJETO DOS PROFISSIONAIS ENTREVISTADOS.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Logo, é possível perceber que a amostra contou com maioria jovem de profissionais na função de gerente, o que por um lado pode indicar inexperiência, mas também pode indicar que os mesmos possuem uma versão mais atualizada do cargo e de suas funções e, conseqüentemente, das influências da produtividade.

Não foi dado foco extenso à formação do perfil profissional dos entrevistados, pois prezou-se pela simplicidade do questionário, a fim de aumentar o apelo de resposta. Julgou-se mais importante que o profissional respondesse conscientemente a etapa de quantificação dos parâmetros do que se alongasse em respostas de perfil profissional.

Para finalizar a introdução da primeira etapa, uma pergunta do tipo sim/não pedia anuência do profissional em receber a segunda etapa do questionário, que conteria os resultados após processamento pelo artefato e perguntaria pela concordância do profissional com os resultados. Apesar de 100% dos especialistas terem concordado com a segunda etapa, como mostrado do sumário de respostas no apêndice D, apenas 11 respostas foram coletadas na segunda etapa, que será abordada mais adiante.

O primeiro teste estatístico executado foi o alfa de Cronbach, medição de consistência interna do questionário. O valor de alfa foi calculado conforme a Equação 7, considerando $k = 37$ e $n = 20$. Os itens tinham escores variando de 1 a 10, e as variâncias foram calculadas por especialista e por somatório de cada parâmetro. O valor de alfa encontrado foi de 0,85. Para Gliem e Gliem (2003), 0,8 é um valor sensato a se objetivar, e para Peterson (1994), 0,82 é um valor satisfatório para o trabalho. Logo, o valor do coeficiente encontrado para o questionário é aceitável, o que indica boa consistência interna.

Passando às medidas descritivas dos valores obtidos para os parâmetros, elas podem ser visualizadas na Tabela 3, que está organizada na mesma ordem de apresentação do questionário e das Tabelas 1 e 2. Lembrando que esses valores variam de 1 a 10, entre “não percebi influência significativa” até “percebi alta influência”. Alguns especialistas deixaram parâmetros específicos em branco algumas vezes, então essa resposta foi interpretada como zero. Os sistemas no *software* MatLab aceita o valor zero, como é possível perceber pelas funções de pertinência já mostradas, mas essa opção não foi colocada aos profissionais porque o aplicativo *online* no qual o questionário foi construído não inclui zero na opção de pergunta escolhida para esse documento (vide apêndice C).

TABELA 3 – MEDIDAS DESCRITIVAS DOS VALORES OBTIDOS POR QUESTIONÁRIO PARA A INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA PRODUTIVIDADE.

	PARÂMETROS	Média	Mediana	Moda	Amplitude	Assimetria	Desv.Padrão	Variância
PSICO LÓGICO	Motivação	8,90	9	10	4	-0,925	1,071	1,147
	Insatisfação	7,20	8	8	9	-1,374	2,546	6,484
	Personalidade	8,05	8	10	8	-1,318	2,038	4,155
	Absenteísmo	5,10	4	7	8	0,015	2,447	5,989
FÍSICO	Fadiga Física	5,20	5	5	8	0,306	2,505	6,274
	Ergonomia	5,70	5,5	6	9	0,070	2,793	7,800
	Conforto	6,60	7	6	8	-0,665	2,458	6,042
	Clima	5,80	5,5	5	9	-0,229	2,526	6,379
EXTRÍN SECO (A)	Formação de Equipes	6,10	6	5	9	-0,208	2,693	7,253
	Remuneração	6,80	7	8	8	-0,558	2,419	5,853
	Turnos de Trabalho	4,30	3,5	1	9	0,344	3,389	11,484
EXTRÍN SECO (B)	Alojamentos	3,10	1,5	1	10	1,065	3,161	9,989
	Segurança	7,60	9	9	9	-1,352	2,780	7,726
	Treinamento	6,95	8	8	9	-0,925	2,762	7,629
INTRÍN SECO	Imigrantes	1,95	1	1	9	2,411	2,114	4,471
	Curva de Aprendizado	7,35	8	8	8	-1,025	2,300	5,292
	Experiência	7,80	8	8	8	-1,271	2,308	5,326
PLANEJAM. GERÊNCIA	Alocação de Recursos	7,80	8	8	8	-1,342	1,989	3,958
	Ferramentas	7,90	9	10	8	-1,246	2,594	6,726
	Escopo das Atividades	7,85	8	8	5	-0,194	1,424	2,029
	Linha de Base da Produtiv.	6,05	6,5	8	8	-0,245	2,819	7,945
HABILID. GERÊNCIA	Planejamento Prévio...	7,40	8	7	8	-1,072	2,415	5,832
	Comunicação	7,35	8	8	8	-1,551	2,159	4,661
	Conflitos	7,75	8	6	4	0,138	1,446	2,092
	Fluxo de Trabalho	7,95	8	8	8	-1,357	2,212	4,892
OBRA	Layout de Canteiro	6,95	8	8	8	-0,715	2,625	6,892
	Transporte de Materiais	7,65	8,5	7	8	-1,106	2,390	5,713
	Equipamentos	7,90	8	8	8	-1,463	2,075	4,305
	Pré-fabricados e moldados	6,20	7	9	9	-0,726	3,238	10,484
PROJETO	Métodos Construtivos	5,95	7	9	10	-0,526	3,502	12,261
	Construtib. e Trabalhab.	7,65	8	8	9	-1,569	2,368	5,608
	Racionaliz. e Normatiz.	7,60	8	8	9	-1,469	2,415	5,832
	Clareja de Projeto	7,05	8	10	9	-0,837	2,929	8,576
EMPRESA	Burocracia	5,70	6	10	9	-0,014	3,466	12,011
	Feedback pós-obra	6,45	7,5	10	9	-0,430	3,137	9,839
	Mercado e Contexto da Obra	6,60	8	9	10	-1,036	3,485	12,147
	Lucro Final	5,20	5,5	1	9	-0,067	3,105	9,642

Fonte: Autoria Própria (2018).

Os parâmetros com menores variâncias e maiores médias e medianas podem fornecer informações preciosas em relação a visão dos profissionais de forma geral e permitir comparação com a visão acadêmica. Portanto, o Quadro 1 mostra os parâmetros organizados em *ranking* de acordo com suas médias, medianas, moda e variância.

QUADRO 1 – RANKINGS BASEADOS DAS MEDIDAS DESCRITIVAS DOS PARÂMETROS DE INFLUÊNCIA.

Parâmetros com maiores médias	Parâmetros com maiores medianas	Parâmetros com Moda igual a 10
<ol style="list-style-type: none"> 1. Motivação 2. Personalidade 3. Fluxo de Trabalho 4. Ferramentas de Planejamento 5. Uso de Equipamentos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motivação 2. Ferramentas de Planejamento 3. Segurança do Trabalho 4. Transporte de Materiais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motivação 2. Personalidade 3. Ferramentas de Planejamento 4. Clareza de projeto 5. Burocracia 6. Feedback pós-obra
Parâmetros com menores médias	Parâmetros com menores medianas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mão de Obra Imigrante 2. Alojamentos 3. Turnos de trabalho 4. Absenteísmo 5. Fadiga Física 6. Lucro final 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mão de obra Imigrante 2. Alojamentos 3. Turnos de trabalho 4. Absenteísmo 5. Fadiga Física 	
Parâmetros com maior variância	Parâmetros com menor variância	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Métodos construtivos 2. Mercado e Contexto da Obra 3. Burocracia 4. Turnos de trabalho 5. Pré-fabricados e pré-moldados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motivação 2. Escopo das Atividades 3. Conflitos 4. Alocação de Recursos 5. Personalidade 	

Fonte: Autoria Própria (2018).

É possível perceber semelhança entre os parâmetros com maiores médias atribuídas pelos profissionais e os parâmetros com maior número de citações. Foram três os parâmetros que pertencem a ambos os *rankings*: Motivação, Fluxo de Trabalho e Equipamentos. O parâmetro Clareza de Projeto, que obteve moda igual a 10, também está entre os mais citados pela literatura.

Os valores com menores médias e medianas também foram coerentes em comparação à valoração acadêmica: todos os parâmetros dos *rankings* de menores medidas descritivas obtiveram entre 2 e 4 citações, exceto absenteísmo que obteve seis citações no modelo teórico, valor considerado de média influência pelas funções de pertinência.

O foco do Quadro 1 foram os parâmetros de score mais elevado, mas muitos parâmetros se agruparam sob a mesma medida descritiva, se agrupando em uma mesma posição. Por exemplo, 16 parâmetros ocupam o quinto lugar no ranking de maiores medianas, com o valor 8, como mostra a Tabela 3.

Já a análise da variância indicou os parâmetros sobre os quais os profissionais concordam em maior ou menor grau. Por exemplo, Motivação está em primeiro lugar entre os parâmetros de menor variância, endossando a quantificação da sua alta influência vista anteriormente. O mesmo vale para Personalidade, em quinto no mesmo *ranking*. Entre os parâmetros com maior variância, encontrou-se, por exemplo, Métodos Construtivos e Pré-fabricados e Pré-moldados que, como comentado anteriormente, não apresentaram valores altos na avaliação teórica também. Ou seja, os mesmos, além de terem uma influência ponderadamente mediana, ainda são motivo de discordância na amostra.

Dando sequência aos testes, os dados obtidos permitiram a análise da correlação estatística entre os parâmetros. Esse teste é particularmente promissor porque a correlação entre os parâmetros é a base hipotética do artefato, ou seja, o artefato já supõe correlação entre os parâmetros, motivo de seu agrupamento em subcategorias e criação de base de regras. Mais ainda, a correlação entre esses parâmetros é observada empiricamente pelos pesquisadores e profissionais em campo (TSEHAYAE, 2015).

Porém, a visão acadêmica é de que essas relações não são simples, como lineares ou quadráticas. A correlação que foi executada aqui não pretende confirmar essas percepções, porque um correto, ou o mais aproximado possível, mapeamento das correlações entre os parâmetros exigiria o teste de todos os parâmetros mapeados neste trabalho par-a-par, e seu comportamento ao longo de diferentes testes de correlações. Os testes apenas tentam iniciar a discussão do ponto de vista da correlação estatística, como um reconhecimento da validade dessa análise.

Foram executadas a correlação de Pearson e a correlação de Spearman. A diferença entre elas é que a primeira supõe correlação linear e distribuição normal, enquanto a segunda supõe monotonicidade e distribuição T de Student com $n-2$ graus de liberdade, e exige que os dados sejam contínuos, ou seja, ordinais. Essas suposições fazem parte da mecânica de ambos os testes, ou seja, caso a significância desejada não seja alcançada, isso pode ser interpretado como a falta de adequação da amostra ao teste.

Primeiramente foi contabilizado o estimador r , posteriormente, o valor-p. Para que seja encontrada verdadeira correlação entre as populações, o estimador precisa ser consideravelmente diferente de zero, e o valor-p precisa ser menor que $\alpha = 0,05$, como estabelecido para todos os testes aqui executados. É importante frisar que os baixos valores de correlações encontrados não necessariamente indicam que as variáveis não são independentes,

mas que a relação entre elas é provavelmente não-linear. Além disso, foram calculadas as correlações apenas entre seis dos 37 parâmetros do artefato, aqueles de maiores médias, medianas e modas, pelas razões já comentadas na Metodologia. As Tabelas 4 e 5 se referem a esses valores para o teste de Pearson, e as Tabelas 7 e 8 se referem ao teste de Spearman.

TABELA 4 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ESTIMADOR r_{pearson} ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.

r_{pearson}	Motivação	Personalidade	Fluxo de Trabalho	Equipamentos	Ferramentas	Clareja de Projeto
Motivação	1,00	0,340	0,131	0,208	0,053	-0,049
Personalidade	0,340	1,00	0,397	0,387	0,300	0,370
Fluxo de Trabalho	0,131	0,397	1,00	0,859	0,540	0,187
Uso de Equipamentos	0,208	0,387	0,859	1,00	0,663	0,131
Ferramentas de Planejamento	0,053	0,300	0,540	0,663	1,00	0,181
Clareja de Projeto	-0,049	0,370	0,187	0,131	0,181	1,00

Fonte: Autoria Própria (2018).

TABELA 5 – VALOR-P DA CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.

Valor-p	Motivação	Personalidade	Fluxo de Trabalho	Equipamentos	Ferramentas	Clareja de Projeto
Motivação	x	0,143	0,582	0,378	0,824	0,839
Personalidade	0,143	x	0,083	0,092	0,199	0,108
Fluxo de Trabalho	0,582	0,083	x	0,000	0,014	0,429
Uso de Equipamentos	0,378	0,092	0,000	x	0,001	0,583
Ferramentas de Planejamento	0,824	0,199	0,014	0,001	x	0,445
Clareja de Projeto	0,839	0,108	0,429	0,583	0,445	x

Fonte: Autoria Própria (2018).

Uma regra geralmente adotada para analisar os valores do coeficiente de correlação considera valores abaixo de 0,3 insignificantes; entre 0,3 e 0,5 de baixa correlação; entre 0,5 e 0,7 de correlação moderada; entre 0,7 e 0,9 de alta correlação; e entre 0,9 e 1,0 de altíssima correlação (LIRA, 2004; MUKAKA, 2012). Na Tabela 4, foram marcados em vermelho as correlações maiores que 0,3. É possível observar que o parâmetro Personalidade obteve baixa correlação com todos os outros parâmetros testados, indicando uma importância que não obteve endosso nas citações coletadas. Mais altas ainda foram as correlações entre os parâmetros Fluxo de Trabalho, Equipamentos e Ferramentas de Planejamento, em sombreado. Fluxo de trabalho já foi extensamente discutido anteriormente, por sua alta interdependência com outros parâmetros atribuída academicamente. Ênfase também pode ser dada à descoberta da alta e

média correlação, respectivamente, de Equipamentos com Fluxo de Trabalho e Ferramentas, já que aquele não obteve anteriormente tanta atenção quanto nesse teste. Ou seja, os três parâmetros mostram que medidas técnicas precisam estar endossadas por providências gerenciais para que as mesmas possam funcionar com a eficiência desejada.

Infelizmente, a significância menor que 0,05 estabelecida para o teste foi encontrada apenas nos cálculos das correlações entre os últimos três parâmetros comentados, como mostra a Tabela 5. Ou seja, não é possível admitir com certeza estatística que exista uma correlação linear da Personalidade com os outros parâmetros, mas é possível para Fluxo de Trabalho, Ferramentas de Planejamento e Equipamentos.

Para a correlação de Spearman, a mecânica do teste exige que os dados sejam transformados em ordinais. Na Tabela 6, foram demonstrados os postos de cada dado. Os dados que dividem o mesmo posto exibem uma parte decimal que identifica quantos itens dividem esse posto. Por exemplo, para Motivação, sete especialistas deram nota 10, ou seja, a posição 13 foi dividida por 7 respostas, resultando no posto 13,14.

Os testes de Spearman, com os resultados demonstrados nas Tabelas 7 e 8, endossaram a correlação encontrada entre os parâmetros Fluxo de Trabalho, Equipamentos e Ferramentas de Planejamento, já analisados com os testes de Pearson. A significância dos valores encontrados para esses parâmetros também foi satisfatória. Porém, o coeficiente de Spearman mostrou outra nuvem de médias correlações entre os parâmetros Motivação, Personalidade, Fluxo de Trabalho e Equipamentos, com valores próximos de 0,3, uma mistura de parâmetros relacionados à mão de obra, com um parâmetro relacionado ao time de gerenciamento, e também um parâmetro técnico. Portanto, a necessidade de observação holística é endossada novamente. Porém, a significância desse conjunto não foi menor que 0,05, ou seja, não é possível dizer com certeza estatística que estes se correlacionam.

TABELA 6 – TRANSFORMAÇÃO DOS VALORES *CRISP* DOS PARÂMETROS EM POSTOS ORDINAIS PARA EXECUÇÃO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN.

<i>ESPECIALISTA</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Motivação	8	8	6	8	10	9	9	10	10	10	8	8	9	10	10	9	9	9	10	8
<i>Postos</i>	2,17	2,17	1,00	2,17	13,14	7,17	7,17	13,14	13,14	13,14	2,17	2,17	7,17	13,14	13,14	7,17	7,17	7,17	13,14	2,17
Personalidade	7	6	7	2	9	10	7	9	7	7	8	10	10	10	10	6	8	8	10	10
<i>Postos</i>	4,20	2,50	4,20	1,00	12,50	14,14	13,20	12,50	4,20	4,20	9,33	14,14	14,14	14,14	14,14	2,50	9,33	9,33	14,14	14,14
Fluxo de Trabalho	8	8	8	2	9	9	9	10	10	10	8	8	10	5	10	8	6	7	4	10
<i>Postos</i>	6,17	6,17	6,17	1,00	12,33	12,33	12,33	15,17	15,17	15,17	6,17	6,17	15,17	3,00	15,17	6,17	4,00	5,00	2,00	15,17
Equipamentos	7	8	8	2	9	10	9	8	10	10	8	7	10	4	10	8	9	7	6	8
<i>Postos</i>	4,33	7,17	7,17	1,00	13,33	16,20	13,33	7,17	16,20	16,20	7,17	4,33	16,20	2,00	16,20	7,17	13,33	4,33	3,00	7,17
Ferramentas	7	8	8	2	9	10	9	7	10	10	10	10	4	3	10	9	9	4	9	10
<i>Postos</i>	5,50	7,50	7,50	1,00	9,20	14,14	9,20	5,50	14,14	14,14	14,14	14,14	3,50	2,00	14,14	9,20	9,20	3,50	9,20	14,14
Clareja de Projeto	10	8	5	2	5	8	5	1	5	10	9	9	10	8	7	9	2	8	10	10
<i>Postos</i>	16,20	9,25	4,25	2,50	4,25	9,25	4,25	1,00	4,25	16,20	13,33	13,33	16,20	9,25	8,00	13,33	2,50	9,25	16,20	16,20

Fonte: Autoria Própria (2018).

TABELA 7 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ESTIMADOR r_{spearman} ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.

r_{spearman}	Motivação	Personalidade	Fluxo de Trabalho	Equipamentos	Ferramentas	Clareja de Projeto
Motivação	1,00	0,327	0,370	0,390	0,070	-0,164
Personalidade	0,327	1,00	0,297	0,170	0,185	0,120
Fluxo de Trabalho	0,370	0,297	1,00	0,764	0,464	0,009
Equipamentos	0,390	0,170	0,764	1,00	0,506	-0,110
Ferramentas	0,070	0,185	0,464	0,506	1,00	0,233
Clareja de Projeto	-0,164	0,120	0,009	-0,110	0,233	1,00

Fonte: Autoria Própria (2018).

TABELA 8 – VALOR-P DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE OS PARÂMETROS DE ALTA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE.

Valor-p	Motivação	Personalidade	Fluxo de Trabalho	Equipamentos	Ferramentas	Clareja de Projeto
Motivação	x	0,159	0,108	0,089	0,770	0,490
Personalidade	0,159	x	0,204	0,475	0,436	0,615
Fluxo de Trabalho	0,108	0,204	x	0,000	0,039	0,970
Equipamentos	0,089	0,475	0,000	x	0,023	0,644
Ferramentas	0,770	0,436	0,039	0,023	x	0,323
Clareja de Projeto	0,490	0,615	0,970	0,644	0,323	x

Fonte: Autoria Própria (2018).

Já a comparação dos coeficientes de correlação de Pearson e Spearman permite analisar se a relação entre as variáveis é mais linear que monotônica ou vice-versa. No caso dos parâmetros de produtividade aqui analisados, apenas duas comparações retornaram valores de Spearman maiores que os de Pearson, que foram Motivação e Fluxo de Trabalho ($r_P = 0,131$, $r_S = 0,370$) e Motivação e Equipamentos ($r_P = 0,208$, $r_S = 0,390$). Ou seja, se a influência da motivação aumenta, a influência do Fluxo de Trabalho e a de Equipamentos também aumenta, mas não a uma taxa constante. Para todas as outras comparações com correlação diferente de insignificamente, especialmente o núcleo de correlações com valor-p menor que 0,05, os valores de Pearson foram maiores que Spearman, indicando que as relações são mais lineares que monotônicas.

Em seguida, passou-se ao cálculo do intervalo de confiança dos valores dos parâmetros, mostrados na Tabela 9, calculados de acordo com a Equação 9. Pretendeu-se apresentar um intervalo de valores validado estatisticamente para sugestão de aplicação no artefato, caso o usuário precise de uma calibragem, ou seja, para auxiliar na utilização do artefato e, de modo geral, na tomada de decisões. Considerou-se a distribuição T de Student, já que a variância populacional é desconhecida.

O valor t_α especificado no cabeçalho da tabela é a probabilidade associada ao valor alfa de significância 0,05. Os valores t_{obs} foram calculados para hipótese alternativa de média maior que 7. Isso quer dizer que os valores t_{obs} maiores que t_α , sombreados na Tabela 9, pertencem a parâmetros cuja média é, com certeza estatística, maior que 7 (μ , valor considerado de alta influência de acordo com as funções de pertinência dos sistemas já mostradas. É possível observar que os valores t_{obs} maiores que t_α geraram intervalos de confiança melhor delimitados, como por exemplo, para o parâmetro Motivação.

Considerou-se distribuição unilateral à direita, por isso, a mecânica da distribuição T de Student, cujos valores foram calculados de acordo com a Equação 10, pode ser resumida da seguinte forma:

$$t_{obs} > t_\alpha \therefore t_{\alpha,(n-1)} = t_{0,05,19} = 1,729$$

TABELA 9 – INTERVALOS DE CONFIANÇA DOS VALORES *CRISP* PRÁTICOS DOS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE.

PARÂMETROS	t_{obs}	Intervalo de Confiança	
	$t_{\alpha} = 1,729$	L.I.	L.S.
Motivação	7,933	8,4	9,4
Insatisfação	0,351	6,0	8,4
Personalidade	2,304	7,1	9,0
Absenteísmo	-3,472	4,0	6,2
Fadiga Física	-3,214	4,0	6,4
Ergonomia e Saúde do Trabalho	-2,082	4,4	7,0
Conforto	-0,728	5,4	7,8
Clima	-2,125	4,6	7,0
Formação de Equipes	-1,495	4,8	7,4
Remuneração	-0,370	5,7	7,9
Turnos de Trabalho	-3,563	2,7	5,9
Alojamentos	-5,518	1,6	4,6
Segurança do Trabalho	0,965	6,3	8,9
Treinamento da Mão de Obra	-0,081	5,7	8,2
Mão de obra Imigrante	-10,681	1,0	2,9
Curva de Aprendizado	0,680	6,3	8,4
Experiência da Mão de Obra	1,550	6,7	8,9
Alocação de Recursos	1,798	6,9	8,7
Ferramentas de Planejamento	1,552	6,7	9,1
Escopo das Atividades	2,669	7,2	8,5
Linha de Base da Produtividade	-1,507	4,7	7,4
Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente	0,741	6,3	8,5
Comunicação	0,725	6,3	8,4
Conflitos	2,319	7,1	8,4
Fluxo de Trabalho	1,921	6,9	9,0
Layout de Canteiro	-0,085	5,7	8,2
Transporte de Materiais	1,216	6,5	8,8
Equipamentos	1,940	6,9	8,9
Pré-fabricados e moldados	-1,105	4,7	7,7
Métodos Construtivos	-1,341	4,3	7,6
Construtibilidade e Trabalhabilidade	1,228	6,5	8,8
Racionalização e Normatização	1,111	6,5	8,7
Clareza de Projeto	0,076	5,7	8,4
Burocracia	-1,678	4,1	7,3
Feedback pós-obra	-0,784	5,0	7,9
Mercado e Contexto da Obra	-0,513	5,0	8,2
Lucro Final	-2,592	3,7	6,7

Fonte: Autoria Própria (2018).

4.3.2 Questionário (2ª etapa): Categorias e Subcategorias

O questionário referente à segunda etapa da validação retornou ao respectivo especialista com os valores resultantes para as subcategorias e categorias de parâmetros, após inserção dos valores *crisp* sugeridos pelo profissional no artefato. O questionário integral da segunda etapa está no apêndice F, porém, o mesmo foi personalizado para cada resposta individual, com uso do mapa mental da Figura 17 para a exibição esquematizada do resultado

aos especialistas, exemplificado na Figura 21. Após exibição dos resultados, o questionário coletou a aceitação do entrevistado em relação aos resultados, com as opções Sim, Não e Parcialmente. Aqueles que responderam parcialmente puderam elaborar suas respostas em seguida e, finalmente, a última pergunta refere-se à ausência de algum parâmetro, se a mesma foi percebida.

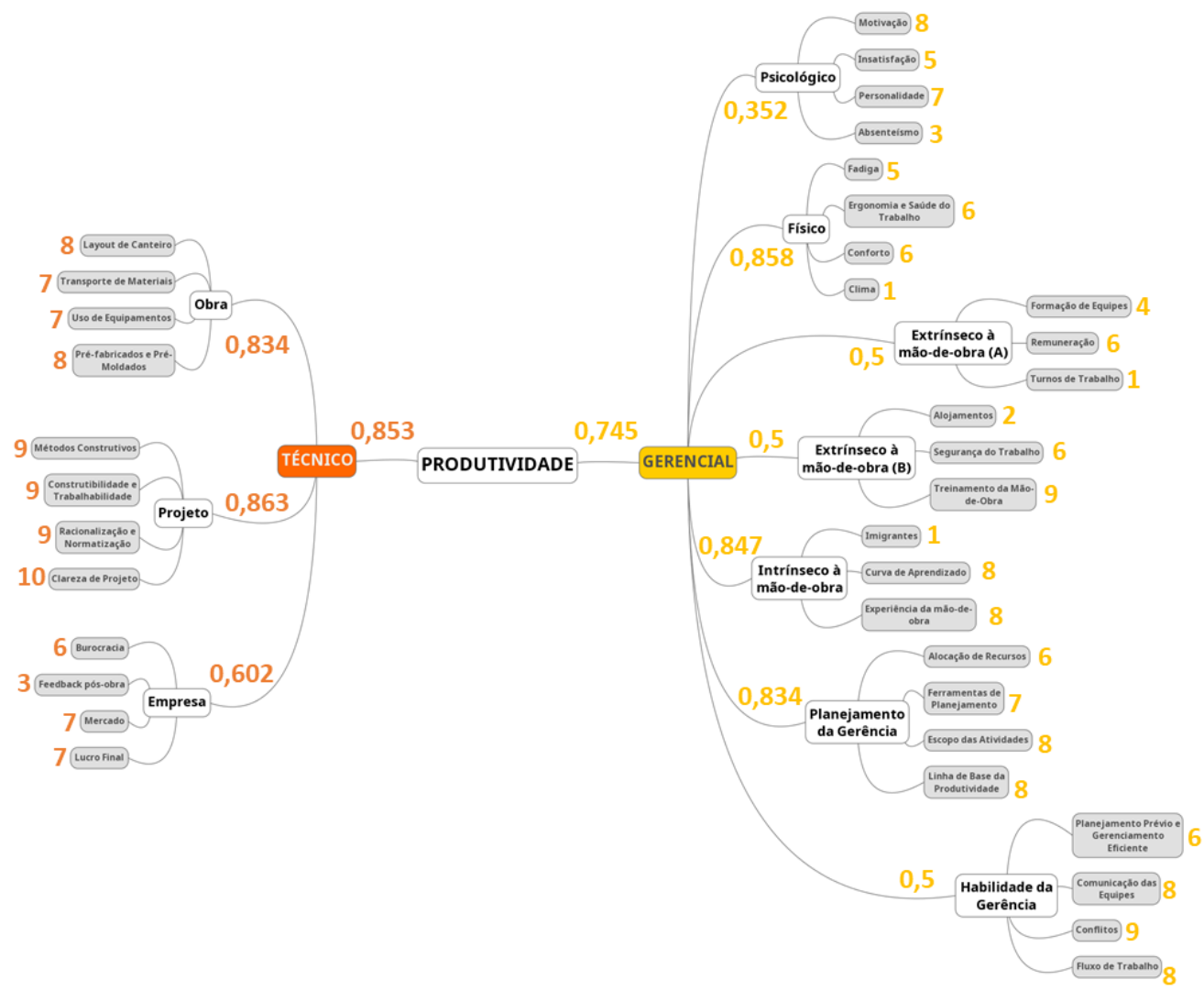
Os valores das subcategorias e categorias de cada entrevistado são resultado do processamento do artefato, ou seja, obtidos por regras não-lineares, que absorvem influências positivas e negativas dos seus antecedentes e, portanto, possuem uma dinâmica complexa que não é retratada por suas médias, variâncias, assimetria, etc. Para uma análise de comportamento da amostra, foram inseridos no artefato os valores *crisp* médios e medianos, ou seja, pré-processamento, para então analisar os valores obtidos para as categorias e subcategorias, valiosos a ponto de representar um ponto de comparação com os valores obtidos na aplicação dos valores *crisp* teóricos exibidos na Tabela 2.

Esclarecida a natureza da informação, inicialmente foi possível obter uma visão geral dos modelos ao comparar todos os valores de saída das categorias e subcategorias na influência da produtividade obtidos. A Tabela 10 os coloca em perspectiva. De acordo com os valores das categorias, quatorze dos 20 modelos gerados resultaram em uma influência maior dos parâmetros técnicos. Outros quatro resultaram em um equilíbrio das categorias, e os dois restantes deram mais importância aos parâmetros gerenciais.

Outra análise possível é a de que, como as subcategorias gerenciais possuíam mais parâmetros de influência negativa, estes podem ter contribuído para os seus valores de saída mais baixos. A Tabela 10 mostra que muitos valores menores que 0,5 podem ser encontrados nas subcategorias gerenciais, enquanto a grande maioria das subcategorias técnicas geraram valores de saída entre 0,6 e 0,8.

Finalmente, o desequilíbrio do número de parâmetros gerenciais mapeados em relação aos parâmetros técnicos, e o fato de que alguns tem influência negativa, na verdade mostra que as influências da produtividade no ponto de vista gerencial são mais complexas e exigem muito mais atenção do profissional. Pode significar também que os esforços técnicos, de adquirir materiais mais tecnológicos e equipamentos mais produtivos pode ser seriamente prejudicado por parâmetros gerenciais não observados ou não controlados, o que gera perda financeira, de valor agregado e de qualidade.

FIGURA 21 – MAPA MENTAL APRESENTADO NA SEGUNDA ETAPA DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS ESPECIALISTAS. MODELO GERADO PELO ESPECIALISTA 1.



Fonte: Autoria Própria (2018).

TABELA 10 – RESULTADOS DE SAÍDA DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DOS MODELOS DE TODOS OS ENTREVISTADOS.

ESPECIALISTA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
SUBCATEGORIAS	Psicológico da mão de obra	0,352	0,352	0,398	0,847	0,153	0,352	0,398	0,142	0,352	0,352	0,352	0,166	0,166	0,166	0,5	0,5	0,5	0,153	0,142	0,166	
	Físico da mão de obra	0,858	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,847	0,5	0,5	0,142	0,352	0,5	0,602	0,5	0,5	0,398	
	Extrínseco à mão de obra (A)	0,5	0,834	0,352	0,153	0,847	0,847	0,847	0,5	0,602	0,863	0,5	0,863	0,602	0,648	0,5	0,834	0,602	0,834	0,5	0,153	
	Extrínseco à mão de obra (B)	0,5	0,648	0,166	0,153	0,5	0,834	0,5	0,5	0,5	0,847	0,5	0,5	0,5	0,153	0,834	0,847	0,5	0,5	0,137	0,5	
	Intrínseco à mão de obra	0,847	0,5	0,847	0,153	0,863	0,602	0,847	0,863	0,847	0,863	0,847	0,834	0,5	0,5	0,858	0,863	0,847	0,847	0,834	0,834	
	Planejamento da Gerência	0,834	0,5	0,847	0,153	0,834	0,847	0,863	0,834	0,834	0,87	0,847	0,834	0,602	0,5	0,834	0,847	0,847	0,602	0,602	0,5	
	Habilidade da Gerência	0,5	0,602	0,847	0,153	0,5	0,648	0,5	0,5	0,5	0,5	0,602	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,847	0,5
	Obra	0,834	0,847	0,847	0,153	0,648	0,834	0,863	0,847	0,863	0,834	0,847	0,5	0,834	0,5	0,858	0,847	0,863	0,5	0,602	0,834	
	Projeto	0,863	0,847	0,602	0,153	0,834	0,847	0,863	0,5	0,87	0,87	0,847	0,5	0,602	0,847	0,834	0,863	0,398	0,5	0,602	0,847	
	Empresa	0,602	0,834	0,834	0,153	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,602	0,5	0,863	0,847	0,87	0,137	0,834	0,847	0,166	0,5	0,834	
CATEGORIAS	Gerencial	0,745	0,5	0,85	0,145	0,5	0,542	0,85	0,5	0,5	0,745	0,745	0,5	0,5	0,5	0,745	0,855	0,502	0,5	0,5	0,5	
	Técnico	0,853	0,853	0,853	0,145	0,542	0,853	0,858	0,5	0,858	0,853	0,855	0,5	0,853	0,855	0,5	0,853	0,85	0,5	0,502	0,853	

Fonte: Autoria Própria (2018).

Por fim, a Tabela 11 reprisa os valores do modelo teórico encontrados na seção 4.2 e mostrados na Tabela 2, assim como coloca em comparação os possíveis valores que resumem o ponto de vista prático. Como as médias dos parâmetros obtiveram alta variância, também foram trazidos o modelo gerado a partir das medianas, assim como a moda dos valores da Tabela 10. Observe que a coluna “Moda” não traz o modelo processado com as modas dos parâmetros da Tabela 3, mas sim a moda dos valores das categorias e subcategorias da Tabela 10. Como a moda é geralmente usada para descrever variáveis qualitativas, não se sentiu necessidade de processar o modelo novamente para gerar valores de saída coesos.

Observou-se que o modelo da mediana representa satisfatoriamente o ponto de vista prático da validação, exatamente por sua alta similaridade com a moda dos valores das categorias e subcategorias e os valores da tabela 10.

Dando continuidade às perguntas do questionário da segunda etapa, após apresentação do mapa mental com os valores de saída personalizados para cada especialista, a pergunta seguinte questiona se o mesmo concorda com os valores: Sim, Não ou Parcialmente. Apesar de, na primeira etapa, 100% dos entrevistados terem concordado com o recebimento da segunda etapa, foram efetivadas apenas 11 respostas. Das onze respostas da segunda etapa, nove responderam “Sim” para a concordância, e os outros dois responderam “Parcialmente”.

As duas respostas “Parcialmente”, referentes aos especialistas 3 e 18, foram complementadas com os respectivos comentários:

- “Quanto à nota referente a projetos creio que pode ter sido má interpretação da minha parte na hora de responder o questionário. Já na parte gerencial creio que eu daria notas diferentes se a obra que tomei como referência para as respostas fosse outra. Por exemplo, em uma obra de padrão mais elevado e período grande eu daria muito mais importância aos parâmetros extrínsecos à mão de obra e psicológicos. ”
- “A única experiência obras que tenho foi na área de serviços de dragagem de rios, logo alguns dos parâmetros, que agora no momento não lembro, não se aplicavam. Mas espero ter ajudado. ”

TABELA 11 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE SAÍDA DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DOS MODELOS TEÓRICO E PRÁTICOS.

	MODELO TEÓRICO	MODELOS PRÁTICOS			
		Modelo da Média	Modelo da Mediana	Moda	
SUBCATEGORIAS	Psicológico da mão de obra	0,5	0,169	0,153	0,352
	Físico da mão de obra	0,5	0,5	0,5	0,5
	Extrínseco (A) à mão de obra	0,365	0,576	0,602	0,5
	Extrínseco (B) à mão de obra	0,13	0,595	0,5	0,5
	Intrínseco à mão de obra	0,635	0,753	0,847	0,847
	Planejamento da Gerência	0,365	0,789	0,847	0,834
	Habilidade da Gerência	0,847	0,539	0,5	0,5
	Obra	0,87	0,716	0,834	0,834
	Projeto	0,5	0,696	0,834	0,847
	Empresa	0,365	0,554	0,837	0,5
CATEGORIAS	Gerencial	0,5	0,5	0,5	0,5
	Técnico	0,5	0,607	0,853	0,853

Fonte: Autoria Própria (2018).

Portanto, o *feedback* indica que as discordâncias não dizem respeito à natureza do artefato e da sua proposta, mas às respostas em si, e à aderência dos parâmetros, o que na verdade endossa o artefato pois o mesmo permite que as influências sejam personalizadas para cada projeto. Mais ainda, o especialista 3 dá a entender que valoriza as subcategorias Extrínseco e Psicológico em projetos de maior risco, ou seja, com prazos mais longos e de larga escala, uma análise do ponto de vista prático que não foi encontrada nas referências analisadas anteriormente.

O especialista 18, além do comentário já apresentado, aproveitou um *link* direto com a autora para tirar algumas dúvidas em relação aos resultados do modelo. O mesmo ficou preocupado com o valor baixo da subcategoria Psicológico, e, após explicação mais detalhada das influências positivas e negativas atuando no modelo em geral, e mais especificamente nessa subcategoria, ambos, autora e especialista, chegaram à conclusão de que essas relações precisam ser aprofundadas, e a base de regras, revisada em relação a isso.

A última pergunta da segunda etapa foi “Você acredita que faltou algum parâmetro no artefato? ”, cujas respostas foram todas negativas.

4.4 A CONTRIBUIÇÃO DO ARTEFATO DE ACORDO COM A *CONSTRUCTIVE RESEARCH*

Inicialmente, essa seção encaixa o artefato construído neste trabalho na sua classe de problemas, discutindo também os conceitos de relevância e rigor da DSR, e posteriormente comentará com mais embasamento a validação do artefato nas esferas anteriormente comentadas: teórica, prática e estatística. O interesse principal dessa seção é de mostrar que o artefato proposto não precisa ter aplicação pontual, limitada ao problema da produtividade da mão de obra na construção civil, mas a um contexto mais amplo de relações causais encontradas nos projetos de engenharia.

Mais do que os resultados numéricos encontrados na literatura e adquiridos pelos questionários enviados a especialistas, a contribuição principal desta pesquisa é o artefato, ou seja, o conjunto de sistemas de inferência *fuzzy* criado para quantificar a influência dos parâmetros da produtividade. Essa ferramenta foi desenvolvida com as melhores técnicas metodológicas disponibilizadas e sugeridas pela literatura, e foi testada com valores de entrada de diversas fontes, a fim de que pudesse se adequar a usos diversos dentro da proposta de definir a produtividade da mão de obra na construção civil.

Acredita-se que o artefato de quantificação das influências da produtividade aqui proposto responde a uma classe de problemas diversa, não só da engenharia civil, como da engenharia de modo geral e ciências exatas, na tentativa de definir conceitos naturalmente subjetivos, já que sugere a lógica *fuzzy* como solução. A lógica *fuzzy* é uma teoria bem estabelecida desde sua criação por Zadeh (1965), que mostra bom potencial de aceitação exatamente pela “matematização” do subjetivo, e possibilita aplicação em diversos problemas que exigem tal rigor, mas que deveriam lidar com conceitos subjetivos e a inevitável complexidade que o fato traz. A subjetividade se mostrou uma saída para definição da alta complexidade de certos problemas, e por isso não deve ser desprezada ou tomada como característica negativa.

Classe de problemas é um conjunto de questionamentos teóricos e práticos que podem ser solucionados por artefatos. A adequação do artefato a uma classe de problemas mostra o interesse da DSR em não gerar uma solução pontual, mas sim em responder à um contexto mais generalizado e permitir evolução por outros pesquisadores e aplicação mais diversa do artefato gerado (DRESCH, 2013).

Mais especificamente, o artefato desenvolvido para o problema apontado por este trabalho, a modelagem das influências da produtividade, foi uma especificação do artefato desenvolvido por Mamdani e Assilian (1999), que o usaram para o controle de informação de uma estação de energia. Tudo indica que a técnica apresentada por estes autores, se aproveitando da versatilidade de aplicação da lógica *fuzzy*, pode levar à construção de artefatos próximos mas personalizáveis aos problemas, o que se mostra bem mais ideal do que a tentativa de construção de um artefato geral para todos os problemas subjetivos de engenharia.

Além da classe de problemas, o modelo de produtividade também pode ser melhor definido pelas classes de artefatos propostas por March e Smith (1995 apud Dresch, 2013), mais especificamente encaixando-se na segunda delas, chamada “Modelo”. Essa classe é definida como um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Os Modelos são considerados representações da realidade que apresentam tanto as variáveis de um determinado sistema, como também suas relações. Na *Design Science*, a principal preocupação acerca dos Modelos está na sua utilidade e não na aderência de sua representação da verdade. Embora um Modelo possa às vezes ser impreciso sobre os detalhes da realidade, ele deve ter condições de capturar a estrutura geral da realidade, buscando assegurar sua utilidade (DRESCH, 2013). Portanto, essa classe de artefato resume as intenções do artefato proposto aqui, de acordo com a DSR.

Também em pertinência à discussão, Dresch (2013) compara paralelamente os conceitos de relevância e rigor, afirmando que o primeiro, definido como um impacto mais significativo das descobertas no âmbito prático, é esperado pelos profissionais da área, enquanto o segundo é imprescindível para que uma pesquisa tenha qualidade adequada ao método científico. A intenção principal da DSR é projetar um método rigoroso que tenha como objetivo gerar uma pesquisa de relevância. Espera-se que o artefato proposto tenha atendido à necessidade de ambos, quando tenta sistematizar as influências da mão de obra, um problema cuja solução é buscada a mais de 30 anos no meio acadêmico, e quando o faz de forma a ser utilizado na prática, em estudos iniciais de projeto e rápidas análises de campo.

Dresch (2013) também discute o equilíbrio buscado pela DSR em relação ao resultado. Muitas vezes o resultado obtido é considerado ótimo, mas de implantação impraticável, enquanto que provavelmente um resultado satisfatório, cuja aplicação é mais simples, já representaria um avanço significativo na melhoria dos processos. É o que o autor chama de validade pragmática. É uma definição muito próxima ao princípio da incompatibilidade de Zadeh, que diz que, à medida que a complexidade do sistema aumenta, a possibilidade de

descrevê-lo como um sistema de equações matemáticas diminui (GOMIDE *et al.* 1995). Para melhor definir certos problemas de engenharia, principalmente os subjetivos, pode ser necessário abrir mão da perfeita sistematização em uma equação matemática.

Já a validação do artefato provê a fase final do método DSR, chamada avaliação do artefato (DRESCH, 2013) ou a demonstração de que o artefato funciona (OYEGOKE, 2011). Lucko e Rojas (2010) listam seis tipos: validação interna, validação externa, *face validity*, *content validity*, *criterion validity* e *construct validity*. As de interesse deste trabalho são definidas da seguinte forma: *criterion validity* é estabelecida quando os resultados da pesquisa concordam de forma geral com as conclusões de estudos mais recentes, e *face validity* é um julgamento subjetivo de natureza não-estatística dado por não-pesquisadores sobre a validação de determinado estudo. Os não-pesquisadores são geralmente profissionais especializados na área de estudo, ressaltando a importância de colaborar com representantes de empresas públicas e privadas. Oyegoke (2011) comenta três tipos: validação teórica, quando o construto é teoricamente compatível com os estudos desenvolvidos; validação empírica, por meio de questionários; e validação analógica, por meio de estudos de caso.

Para este trabalho, pretende-se que a metodologia de pesquisa tenha permitido três tipos de validação: teórica ou *criterion validity* (LUCKO; ROJAS, 2010); prática ou empírica (OYEGOKE, 2011) ou *face validity* (LUCKO; ROJAS, 2010); e estatística. Infelizmente, por limitações de tempo, não foi possível validar o artefato desenvolvido por este trabalho numa escala tão abrangente quanto comentam Oyegoke (2011) e Rautiainen *et al.* (2017). A validação aqui operada consistiu nos tipos teórica e empírica, e a validação analógica é uma sugestão discutida na seção Sugestões para Trabalhos Futuros.

A validação teórica ou *criterion validity* foi discutida nas seções 4.1 e 4.2 dos Resultados e Discussões. As referências que serviram de *inputs* para o artefato foram organizadas pelo mesmo em ordem de importância, e as seis maiores influências da produtividade da mão de obra do ponto de vista acadêmico foram discutidas em paralelo com outras referências mais recentes publicadas após o mapeamento que alimentou o processo. As influências subjetivas, como Motivação e Personalidade, foram constantes nas discussões, mostrando uma evolução na análise da produtividade e uma preocupação maior com o aspecto humano da mesma, principalmente porque lida-se com a produtividade da mão de obra afinal. Por conta da constante busca por referências devido à metodologia de pesquisa projetada para este trabalho, considera-se a validação teórica bem-sucedida, com o artefato retratando com sucesso a visão acadêmica tanto na construção do mesmo quanto nos resultados obtidos.

Em seguida, este trabalho considera que os testes estatísticos aplicados nos dados coletados com os questionários forneceram validação estatística, enquanto as respostas às três últimas perguntas do questionário da segunda etapa forneceram validação prática, ou *face validity* (LUCKO; ROJAS, 2010). Os testes estatísticos foram explorados na seção 4.3 dos Resultados e Discussões, e foram a forma encontrada de organizar a tendência da visão prática buscada nessa etapa. Por isso, é mais correto dizer que a validação prática contém grande aspecto estatístico, de acordo com a metodologia de pesquisa delineada para este trabalho.

As medidas descritivas e análises de correlação serviram para resumir a opinião geral dos especialistas, a ser comparada com a visão acadêmica compilada para desenvolvimento e validação do artefato. O cálculo dos intervalos de confiança é considerado valioso para fornecer uma calibragem aos futuros usuários do artefato e também mostrar a visão prática de uma forma menos pontual do que considerando apenas médias e medianas. Porém, como Castro (1977) afirma, é preciso considerar que o teste estatístico não é nem o único nem necessariamente o melhor instrumento de validação, especialmente considerando que o autor destaca profundamente as nuances das pesquisas qualitativas. Considerando que essa pesquisa incluiu e opinou a favor da inclusão da visão subjetiva, é preciso deixar clara essa ressalva. Acredita-se que as validações aqui pretendidas funcionam melhor em conjunto, uma endossando a outra, do que separadamente.

Por fim, a validação prática ou *face validity*, que é fortemente valorizada nas pesquisas da área, reforça a importância de as pesquisas servirem o ambiente prático. Os especialistas que forneceram *inputs* para o artefato com base nas respectivas experiências não discordaram dos resultados obtidos e apenas acrescentaram alterações construtivas. Certamente que a quantidade de respostas obtidas nessa fase da pesquisa não é representativa a ponto de compilar a opinião da comunidade de profissionais, mas considerando a limitação da busca, apenas especialistas, e o baixo apelo do método de questionários, o *feedback* proporcionado foi valioso. Além disso, o verdadeiro impacto do artefato nos ambientes práticos, ou da metodologia de pesquisa aqui apresentada de modo geral, em conjunto com trabalhos como o de Tsehayae (2015), só pode ser determinado a longo prazo.

Portanto, espera-se que este trabalho tenha usado as melhores ferramentas disponibilizadas pelos métodos e técnicas que compõem uma metodologia de pesquisa para avaliar sua contribuição e validação. A intenção dessa seção foi, em resumo, deixar esses aspectos mais claros e contribuir para a discussão da epistemologia no campo das engenharias.

Apesar disso, algumas limitações do artefato são reconhecidas. Inicialmente, não foi intenção deste trabalho se tornar referência em conceitos *fuzzy* e sistemas *fuzzy* de inferência. Pela flexibilidade e subjetividade atribuída a eles, muitas técnicas diferentes foram geradas ao longo dos anos pela comunidade acadêmica, de acordo com cada necessidade. O sistema *fuzzy* de inferência baseado em regras (*fuzzy rule-based inference system*) utilizado neste trabalho foi julgado como a melhor opção para esta aplicação devido à sua simplicidade e aproximação da linguagem humana, porém, é possível que outras opções de técnicas *fuzzy* sejam aplicáveis de forma satisfatória à proposta.

Outra limitação notada é a classificação dos parâmetros de produtividade, criada apenas pela autora do presente trabalho. Durante o mapeamento sistemático da literatura, outros trabalhos com classificações de parâmetros foram encontrados, porém, optou-se por desenvolver uma classificação própria dos parâmetros mapeados aqui, a fim de que a mesma possa refletir melhor o questionamento das melhorias mais significativas, se seriam gerenciais ou técnicas. Além disso, percebeu-se que a classificação própria do trabalho facilitou o processamento dos sistemas de inferência. Apesar da classificação própria não ser ideal, acredita-se que ele serviu melhor aos interesses do artefato e atestou a possibilidade de personalização da análise de acordo com o cenário da obra em questão.

Infelizmente, a criação de uma classificação própria para os parâmetros e de suas posteriores divisões em subcategorias prejudicou o artefato em riqueza, pois as relações inter-parâmetro só foram testadas dentro de cada subcategoria, ou seja, parâmetros de subcategorias diferentes não tiveram sua interdependência contemplada pelas bases de regras desenvolvidas. Além disso, acredita-se que as relações causais entre os parâmetros estabelecidas de acordo com a mecânica dos sistemas de inferência são menos complexas do que as manifestadas na realidade, como outras referências já mencionam e inclusive tentam emular, usando os métodos de espinha de peixe, mapas neurais, etc., porém, como também já foi comentado, depende do criador o equilíbrio entre o teor de realismo do artefato e a sua simplicidade. Acredita-se que a aplicabilidade do artefato seja melhor alcançada com o nível de relações causais retratado aqui pela base de regras dos sistemas de inferência *fuzzy*.

4.5 VISÃO ACADÊMICA *VERSUS* VISÃO MERCADOLÓGICA: OS PARÂMETROS MAIS IMPORTANTES

A Tabela 12 reprisa os valores dos processamentos do artefato referente aos modelos teórico e prático. Relembrando, o modelo teórico obteve seus valores *crisp* com as citações aos parâmetros na literatura, enquanto o modelo prático corresponde à mediana dos valores inseridos pelos especialistas no artefato na fase de questionários, por ter melhor representado os valores médios das respostas.

O artefato mostra que, sob o ponto de vista acadêmico, os parâmetros gerenciais exercem tanta influência quanto os parâmetros técnicos na definição da produtividade, o que representa com considerável fidelidade o avanço das discussões e a mudança de perspectiva da indústria em relação à importância de gerenciar ambos os aspectos de uma obra (GHODRATI *et al.*, 2018). Os parâmetros técnicos, antes discutidos e tomados como garantia de melhoria da produtividade, passam a chamar tanta atenção quanto os parâmetros gerenciais.

Como extensamente comentado anteriormente, os seis parâmetros com mais citações (Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente, Layout de Canteiro, Motivação, Fluxo de Trabalho, Uso de Equipamentos e Clareza de Projeto), apesar de ainda manter preocupações tradicionais da construção civil como o uso de equipamentos e a organização do canteiro, mostram que o planejamento e o gerenciamento precisam ser operados em paralelo, a fim de garantir os melhores resultados (SHAN *et al.*, 2015). E além disso, as preocupações dos gerentes não devem ser apenas com o melhor uso dos recursos físicos, mas também com o bem-estar dos recursos humanos, representado pelos mais recentes estudos da motivação da mão de obra (RAOUFI; FAYEK, 2018a, b).

Em ambas as categorias, porém, o resultado 0,5 foi uma mediana de valores altos e baixos. Na categoria gerencial, as subcategorias “Habilidade da Gerência” e “Intrínseco à mão de obra” se destacaram. Na categoria técnico, a subcategoria “Obra” se destacou. Mais uma vez, as subcategorias refletiram essa preocupação tríplice: bom uso de recursos técnicos, planejamento e controle para os mesmos, e preocupação com a mão de obra.

Passando à visão mercadológica, porém, as influências são diferentes. Os valores das categorias, inicialmente, já mostram que a visão dos gerentes de projeto continua com predominância técnica. É inegável que o gerente de projeto possui uma experiência maior em campo, que não pode e não deve ser ignorada pelos pesquisadores da área, que inevitavelmente sempre lidam com uma versão idealizada da construção civil. Porém, uma interpretação

pessimista desse resultado mostra que o gerente de projeto tende a se isentar da sua provável responsabilidade pelos valores da produtividade, ou subestimam seu impacto nessa tentativa de melhoria.

Entre as subcategorias com valores mais baixos, destaca-se novamente a subcategoria Psicológico da Mão de Obra, cujos parâmetros já foram extensamente discutidos neste trabalho e apresentaram os valores mais interessantes. Reafirma-se assim a recomendação deste trabalho de que estes parâmetros recebam mais atenção, tanto do ponto de vista acadêmico quanto do ponto de vista mercadológico. Já as subcategorias Intrínseco à Mão de Obra e Planejamento da Gerência, assim como Obra e Projeto, cujos valores de saída foram os mais altos observados, apresentam maior potencial de aumento da produtividade da mão de obra do ponto de vista dos gerentes de projeto inquiridos.

Surpreendentemente, a subcategoria Empresa teve o maior valor de influência na categoria técnica para os gerentes de projeto. Esta subcategoria possui a maioria dos parâmetros de influência da produtividade à nível de projeto e de organização, ou seja, são influências mais difíceis de notar, geralmente de impacto a médio e longo prazo em um projeto, e não tão perceptíveis à nível de atividade. O esperado é que os pesquisadores tivessem maior conhecimento das influências mais distantes da produtividade, mas foram os gerentes de projeto que atribuíram maior importância a essas influências.

Finalmente, o modelo da mediana e o modelo das citações representam a comparação quantitativa entre a concepção mercadológica e a concepção acadêmica, respectivamente, da influência dos parâmetros da produtividade. Resumindo as discussões anteriores que as detalham, o modelo teórico sugere um equilíbrio de influências gerenciais e práticas, enquanto o modelo prático sugere uma maior importância aos parâmetros técnicos.

TABELA 12 – COMPARAÇÃO EXPANDIDA DOS MODELOS TEÓRICO E PRÁTICO DE INFLUÊNCIA GERADOS PELO ARTEFATO.

<i>INPUT CRISP</i>			<i>OUTPUTS CRISP</i>				
Teórico	Prático	PARÂMETROS	SUBCATEGORIA	SUBCATEGORIAS		CATEGORIAS	
				Teórico	Prático	Teórico	Prático
10	9	Motivação					
2	8	Insatisfação	Psicológico da mão de obra	0,5	0,153		
2	8	Personalidade					
6	4	Absenteísmo					
2	5	Fadiga Física					
6	5,5	Ergonomia e Saúde do Trabalho	Físico da mão de obra	0,5	0,5		
4	7	Conforto					
7	5,5	Clima					
5	6	Formação de Equipes					
4	7	Remuneração	Extrínseco à mão de obra (A)	0,365	0,602		
4	3,5	Turnos de Trabalho					
2	1,5	Alojamentos					
6	9	Segurança do Trabalho	Extrínseco à mão de obra (B)	0,13	0,5	0,5	0,5
1	8	Treinamento					
2	1	Mão de obra imigrante					
8	8	Curva de Aprendizado	Intrínseco à mão de obra	0,635	0,847		
9	8	Experiência e Habilidade da mão de obra					
5	8	Alocação de Recursos, Buffers e Paralelismo					
5	9	Ferramentas de Planejamento	Planejamento da Gerência	0,365	0,847		
4	8	Escopo das Atividades					
2	6,5	Linha de Base da Produtividade					
23	8	Planejamento Prévio e Gerenciamento Eficiente					
9	8	Comunicação	Habilidade da Gerência	0,847	0,5		
2	8	Conflitos					
19	8	Fluxo de Trabalho					
11	8	Layout de Canteiro					
8	8,5	Transporte de Materiais	Obra	0,87	0,834		
12	8	Uso de Equipamentos					
5	7	Pré-fabricados e Pré-moldados					
7	7	Métodos Construtivos					
5	8	Construtibilidade e Trabalhabilidade	Projeto	0,5	0,834	0,5	0,853
3	8	Racionalização e Normatização					
10	8	Clareja de Projeto					
1	6	Burocracia					
1	7,5	Feedback pós-obra	Empresa	0,365	0,837		
2	8	Mercado e Contexto da Obra					
4	5,5	Lucro Final do Projeto					

Fonte: Autoria Própria (2018).

CONCLUSÕES

Sugestões para Trabalhos Futuros

5 CONCLUSÕES

Este capítulo resume a pesquisa conduzida, desde seu delineamento até seus resultados. Acredita-se que o objetivo geral, de propor um artefato para quantificação das influências da produtividade, foi alcançado com sucesso, por meio dos objetivos específicos definidos inicialmente.

A compilação de uma lista de parâmetros que influenciam a produtividade registrados no meio acadêmico, primeiro objetivo específico, foi cumprida com um mapeamento sistemático da literatura, que reuniu as produções acadêmicas publicadas entre 2010 até o presente sob o tema “produtividade da mão de obra na construção civil”. As bases de dados usadas, *Web of Science* e *Science Direct*, retornaram inicialmente um total de 136 e 46 resultados respectivamente que, após a aplicação de filtros pertinentes, resultou num banco de publicações de 147 resultados.

As publicações lidas integralmente resultaram na compilação de uma lista de 37 parâmetros, divididos inicialmente em duas categorias, gerencial e técnico, e posteriormente em nove subcategorias, com a finalidade de melhorar o processamento do artefato. A categoria gerencial abrigou seis subcategorias com 25 parâmetros no total, e a categoria técnica abrigou os 12 restantes. A intenção do mapeamento sistemático não foi de ser extenso, mas de providenciar um recorte atual das publicações e dos parâmetros de influência em atual discussão na literatura. A lista de parâmetros, por sua vez, teve como finalidade ajudar no desenvolvimento do artefato e representar a visão acadêmica sobre as influências da produtividade.

Os parâmetros que influenciam a produtividade da mão de obra, apesar de seu caráter variável de acordo com o contexto da obra e o aspecto geográfico do mercado, foram compilados em uma lista satisfatória e aperfeiçoados ao máximo, em busca de um equilíbrio entre abrangência e simplicidade, para servir aos interesses da discussão pretendida e da aplicação no artefato de quantificação das influências.

Em seguida, o artefato foi proposto, constituído de um conjunto de sistemas *fuzzy* de inferência para quantificar a influência dos parâmetros de produtividade. Cada subcategoria e cada categoria compuseram um sistema completo, com *inputs*, base de regras e *outputs*, totalizando doze sistemas. Os *outputs* dos sistemas das subcategorias foram os *inputs* dos sistemas das categorias. As funções de pertinência trapezoidais e triangulares desenvolvidas para os sistemas foram de três tipos: as funções dos *inputs* da escala teórica, trapezoidais com

domínio [0 25]; as funções dos *inputs* da escala prática, triangulares de domínio [0 10]; e as funções de *output* das subcategorias, que também foram usadas para *inputs* e *outputs* das categorias, triangulares com domínio [0 1]. As variáveis linguísticas foram alta [influência], média [influência] e baixa [influência] para todas as funções de pertinência. As bases de regras variaram entre 27, 81 e 729 regras.

Em seguida, passou-se à validação do artefato em três esferas: teórica, prática e estatística. A validação teórica mostrou que os parâmetros do artefato estão em constante discussão na literatura, e que as preocupações com essas influências se tornam cada vez mais profundamente analíticas, como a extensa definição de motivação da mão de obra e a computadorização e planejamento extensos dos recursos físicos e humanos empregados em um projeto. A validação prática, por sua vez, consistiu no envio de questionários a gerentes de projeto para que os mesmos fornecessem *inputs* para o artefato e, posteriormente, avaliassem a fidelidade com que o artefato sistematizou as considerações deles. Nove dos onze especialistas que responderam à segunda etapa dos questionários concordaram com os *outputs* dos artefatos. A validação estatística, por fim, analisou os *inputs* fornecidos pelos gerentes de projeto, ou mais precisamente, as medidas descritivas, análises de correlação e testes de hipóteses processados com os valores obtidos. As medidas descritivas forneceram a visão mercadológica dos parâmetros da produtividade, enquanto as análises de correlação e os testes de hipóteses analisaram a coerência dos dados, as correlações estatísticas entre os parâmetros, e os intervalos de confiança dos *inputs* que permanecem como sugestões para futuros usuários do modelo.

As validações operadas cumpriram a terceira etapa da *Constructive Research*, metodologia de pesquisa deste trabalho. A contribuição do artefato aqui proposto responde a uma classe de problemas das engenharias e ciências exatas, que lidam com subjetividade e a tentativa de defini-la sistematicamente, e também com a análise de variáveis subjetivas e a personalização de análises de cenário para os projetos das áreas comentadas.

O último objetivo específico foi a comparação da visão acadêmica e da visão mercadológica das influências da produtividade. Enquanto a visão acadêmica é de que os parâmetros técnicos exercem a mesma influência que os gerenciais, a visão mercadológica ainda colocou grande peso nos parâmetros técnicos para a melhoria da produtividade da mão de obra na construção.

Acredita-se que o artefato proposto pode servir ao mercado, ou seja, em aplicações práticas, como forma de estudos prévios para auxiliar no delineamento do planejamento e

controle de projetos. Sendo personalizado para a aplicação de acordo com o problema, ou seja, analisando a aplicabilidade das funções de pertinência e adaptando-as ao contexto do projeto em questão, a base de regras do artefato apresentado aqui pode sugerir os parâmetros que exigirão maior esforço e atenção dos gerentes de projeto e maior direcionamento de recursos.

Para tal uso futuro do artefato, a sugestão é de que as funções de pertinência dos *inputs* sejam personalizadas de acordo com os dados disponíveis, mantendo fixas as bases de regras e fortemente sugeridas as funções de pertinência dos *outputs*, pois as mesmas normalizam as saídas em uma linguagem simples, em que os valores variam apenas de zero a um. As bases de regras foram transcritas integralmente no apêndice A. Os parâmetros de influência aqui usados no desenvolvimento do artefato também podem ser personalizados de acordo com o problema e os interesses do usuário, observando as sugestões de processamento dos sistemas de inferência e o funcionamento do artefato de modo geral.

Espera-se que a diversidade de modelos de produtividade registrados academicamente possibilite aos interessados a escolha entre as diferentes simulações e suas complexidades, de acordo com o problema postulado, e, principalmente, que os modelos contribuam para a mudança de mentalidade dos gerentes de projeto, levando suas medidas de simples ações corretivas, para correções definitivas de mecânicas de trabalho e tomada dos métodos de gerenciamento como preventivos, ao invés de corretivos.

O artefato, como contribuição científica, dá continuidade à discussão da produtividade da mão de obra, que permanece sendo o índice mais importante para a avaliação da rentabilidade dos projetos e produtos na indústria da construção, mantendo seu apelo de pesquisa. As mudanças de ponto de vista dessa análise, indo além da racionalização de entradas e saídas, mas também criando modelos que consideram as influências na produtividade, contribuem para o desenvolvimento de uma visão holística, registrando as possíveis causas dos baixos índices, e como melhorá-los ao moderar tais influências.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O tema abordado por este trabalho deixa inúmeras possibilidades, especialmente porque o estudo da produtividade é prolífico e de constante interesse, e a lógica *fuzzy* permite inúmeras possibilidades técnicas. Como sugestões, são apresentados os temas a seguir:

- Aplicação do artefato em estudos de caso, em colaboração com empresas que mantenham um banco de dados relativo à produtividade da mão de obra, com

registros de condições de trabalho e valores obtidos, de forma a permitir simulações das situações registradas com o artefato;

- Avaliação da possibilidade de uso do artefato como moderador dos valores de entradas e saídas inseridos no índice de produtividade, aplicado em conjunto com bancos de dados orçamentários ou de cronograma, como o TCPO ou o SINAPI;
- Desenvolvimento de uma interface amigável com seu usuário, ou seja, que o usuário pudesse manuseá-lo de forma mais automatizada e simplificada, no *software* MatLab® ou outro *software* de fácil acesso;
- Aumento da complexidade entre os parâmetros dentro do artefato, assim como variações das funções de pertinência ou de seus domínios;
- Desenvolvimento e aplicação de sistemas de controle *fuzzy* (MAMDANI; ASSILIAN, 1999; GOMIDE *et al.*, 1995), evolução natural dos sistemas de inferência;
- Interação da lógica *fuzzy* e das redes neurais na quantificação das influências da produtividade, a fim de atribuir ao sistema o aprendizado com dados históricos e a auto otimização.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ABBASIAN-HOSSEINI, S. A.; NIKAKHTAR, A.; GHODDOUSI, P. Verification of Lean Construction Benefits through Simulation Modeling: A Case Study of Bricklaying Process. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 18, n. 5, p. 1248-1260, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9.000: Sistemas de Gestão de Qualidade: Fundamentos e Vocabulário**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 26 p.
- AHN, S.; LEE, S.; STEEL, R. P. Effects of Workers' Social Learning: Focusing on Absence Behavior. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 139, n. 8, p. 1015-1025, 2013.
- ALSEHAIMI, A.; KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P. Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies. **Journal of Management in Engineering**, vol 29, n.4, p. 407-416, 2013.
- AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L. de; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5**. FEAGRI & IMECC/UNICAMP, p. 1-44, 2005. Disponível em: <http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2012/12/manual_fuzzy_matlab.pdf>. Acesso em: 05 julho 2018.
- ANSARI, W. S.; THAHEEM, M. J.; KHALFAN, M. M. A. Use of offsite construction techniques in Pakistan. **Middle East Journal Management**, vol. 3, n. 3, p. 2018-229, 2016.
- ARASHPOUR, M.; WAKEFIELD, R.; BLISMAS, N.; LEE, E. W. M. A Framework for improving workflow stability: deployment of optimized capacity buffers in a synchronized construction production. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 41, n. 12, p. 995-1004, 2014.
- ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**, vol. 17, n. 6, p. 337-342, 1999.
- AZADEH, A.; AHVAZI, M. P.; HAGHIGHI, S. M. An intelligent algorithm for determination and optimization of productivity factors in upstream oil projects. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, vol. 167, p. 375-395, 2018.
- AZIMI, R.; LEE, S.; ABOURIZK, S. M. Applying Basic Control Theory Principles to Project Control: Case Study of Off-Site Construction Shops. **Journal of Computing in Civil Engineering**, vol. 26, n. 6, p. 681-690, 2012.
- AZIZI, N.; LIANG, M. An Integrated Approach to Worker Assignment, workforce flexibility acquisition, and task rotation. **Journal of the Operational Research Society**, vol. 64, p. 260-275, 2013.
- BALLESTEROS-PEREZ, P.; ROJAS-CÉSPEDES, Y. A.; HUGHES, W.; KABIRI, S.; PELLICER, E.; MORA-MELIÀ, D.; CAMPO-HITSCHFELD, M. L. Weather-wise: A weather-aware planning tool for improving construction productivity and dealing with claims. **Automation in Construction**, vol. 84, p. 81-95, 2017.
- BELTRÃO, Leandro Modesto Prates. **Priorização de Riscos de Obras Públicas por Meio do Processo de Análise Hierárquica Fuzzy**. 2017. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

- BIERMAN, M.; MARNEWICK, A.; PRETORIUS, J. H. C. Productivity Management in the South African Civil Construction Industry – Factors affecting construction productivity. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, vol. 58, n. 3, p. 37-44, 2016.
- BONHAM, D. R.; GOODRUM, P. M.; LITTLEJOHN, R.; ALBATTAH, M. A. Application of Data Mining Techniques to Quantify the Relative Influence of Design and Installation Characteristics on Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 143, n. 8, 2017.
- BRISKORN, D.; DIENSTKNECHT, M. Mixed-integer programming models for tower crane selection and positioning with respect to mutual interference. **European Journal of Operational Research**, vol. 273, p. 160-174, 2019.
- CALDAS, C. H.; KIM, J.; HAAS, C. T.; GOODRUM, P. M.; ZHANG, D. Method to Assess the Level of Implementation of Productivity Practices on Industrial Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 1, 2015.
- CASTRO, Cláudio de Moura. **A Prática da Pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill, 1977. 154 p.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil**: Volume 1. Brasília: CBIC, 2017. 92 p. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Manual_Basico_de_Indicadores_de_Produtividade_na_Construcao_Civil_2017.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2019.
- CHANMEKA, A.; THOMAS, S. R.; CALDAS, C. H.; MULVA, S. P. Assessing key factors impacting the performance and productivity of oil and gas projects in Alberta. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 39, p. 259-270, 2012.
- CHATURVEDI, S.; THAKKAR, J. J.; SHANKAR, R. Labor productivity in the construction industry: An evaluation framework for causal relationships. **Benchmarking: An International Journal**, vol. 25, n. 1, p. 334-356, 2018.
- CHENG, M.; WIBOWO, D. K.; PRAYOGO, D.; ROY, A. F. V. Predicting productivity loss caused by change orders using the evolutionary fuzzy support vector machine inference model. **Journal of Civil Engineering and Management**, vol. 21, n. 7, p. 881-892, 2015.
- CHENG, T.; TEIZER, J.; MIGLIACCIO, G. C.; GATTI, U. C. Automated Task-Level Activity Analysis through Fusion of Real Time Location Sensors and Worker's thoracic posture data. **Automation in Construction**, vol. 29, p. 24-39, 2013.
- CHO, K.; HONG, T.; HYUN, C. Scheduling model for repetitive construction processes for high-rise buildings. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 38, p. 36-48, 2011.
- CHOI, K.; HAQUE, M.; LEE, H. W.; CHO, Y.; KWAK, Y. Macroeconomic labour productivity and its impact on firm's profitability. **Journal of the Operational Research Society**, vol. 64, p. 1258-1268, 2013.
- CHOI, K.; LEE, H. W. Deconstructing the Construction Industry: A Spatiotemporal Clustering Approach to Profitability Modeling. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 142, n. 10, 2016.
- DADI, G. B.; GOODRUM, P. M.; TAYLOR, T. R. B.; CARSWELL, M. Cognitive Workload Demands Using 2D and 3D Spatial Engineering Information Formats. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 140, n. 5, 2014.

- DAI, J.; GOODRUM, P. M. Differences in Perspectives regarding Labor Productivity between Spanish- and English-Speaking Craft Workers. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 9, p. 689-697, 2011.
- DAI, J.; GOODRUM, P. M. Generational differences on craft workers' perceptions of the factors affecting labour productivity. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 39, p. 1018-1026, 2012.
- DRESCH, Aline. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2013.
- DURDYEV, S.; ISMAIL, S. On-site Construction productivity in Malaysian infrastructure projects. **Structural Survey**, vol. 34, n. 4/5, p. 446-462, 2016.
- DURDYEV, S.; ISMAIL, S.; KANDYMOV, N. Structural Equation Model of the Factors Affecting Construction Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 4, 2018.
- EL-GOHARY, K. M., AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, vol. 30, n. 1, p. 1-9, 2014.
- EL-GOHARY, K. M., AZIZ, R. F.; ABDEL-KHALEK, H. A. Engineering Approach Using ANN to Improve and Predict Construction Labor Productivity under Different Influences. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 143, n. 8, 2017.
- ELZOMOR, M.; PARRISH, K. Investigating Building Construction Process and Developing a Performance Index. **Procedia Engineering**, vol. 145, p. 211-218, 2016.
- FAYEK, A. R.; ODUBA, A. Predicting Industrial Construction Labor Productivity Using Fuzzy Expert Systems. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 131, n. 8, p. 938-941, 2005.
- FINI, A. A. F.; RASHIDI, T. H.; AKBARNEZHAD, A.; WALLER, S. T. Incorporating Multiskilling and Learning in the Optimization of Crew Composition. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 142, n. 5, 2016.
- FLOREZ, L. Crew Allocation System for the Masonry Industry. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, vol. 32, p. 874-889, 2017.
- FLOREZ, L.; CORTISSOZ, J. C. Defining a mathematical function for labor productivity in masonry construction: a case study. **Procedia Engineering**, vol. 164, p. 42-48, 2016.
- FLOREZ, L.; CORTISSOZ, J. C. Using Workers compatibility to predict labor productivity through cluster analysis. **Procedia Engineering**, vol. 196, p. 359-365, 2017.
- FRANCIS, A.; MORIN-PEPIN, S. The concept of float calculation based on the site occupation using the chronographical logic. **Procedia Engineering**, vol. 196, p. 690-697, 2017.
- GHODDOUSI, P.; POORAFSHAR, O.; CHILESHE, N.; HOSSEINI, M. R. Labour productivity in Iranian construction projects: perceptions of chief executive officers. **International Journal of Productivity and Performance Management**, vol. 64, n. 6, p. 811-830, 2015.
- GHODRATI, N.; YIU, T. W.; WILKINSON, S.; SHAHBAZPOUR, M. Role of Management Strategies in Improving Labor Productivity in General Construction Projects in New Zealand: Managerial Perspective. **Journal of Management in Engineering**, vol. 34, n. 6, 2018.

- GLIEM, J. A.; GLIEM, R. R. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-types scales. In: MIDWEST RESEARCH TO PRACTICE CONFERENCE, 2., 2003, Columbia. **Anais eletrônicos**. Columbia: The Ohio State University, 2003. Disponível em: < <https://scholarworks.iupui.edu/handle/1805/344>>. Acesso em 18 janeiro 2019
- GOLABCHI, A.; HAN, S.; ABOURIZK, S.; KANERVA, J. Micro-motion level simulation for efficiency analysis and duration estimation of manual operations. **Automation in Construction**, vol. 71, p. 443-452, 2016.
- GOLPARVAR-FARD, M.; HEYDARIAN, A.; NIBLES, J. C. Vision-based action recognition of earthmoving equipment using spatio-temporal features and support vector machine classifiers. **Advanced Engineering Informatics**, vol. 27, p. 652-663, 2013.
- GOMIDE, Fernando; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHAIT, Ricardo. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. In: **Proc. 6th IFSA Congress-Tutorials**. 1995. p. 1-38.
- GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L. F.; MATURANA, S.; BUSTAMANTE, J. A. Site Management of Work-in-Process Buffers to Enhance Project Performance Using the Reliable Commitment Model: Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 9, p. 707-715, 2011.
- GOUETT, M. C.; HAAS, C. T.; GOODRUM, P. M.; CALDAS, C. H. Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 12, p. 1117-1124, 2011.
- GRABOVIY, P. Methods of motivation improvement and effectiveness increase on the example of construction industry enterprises. **Procedia Engineering**, vol. 165, p. 1520-1528, 2016.
- GREGOR, S.; JONES, D. The Anatomy of a Design Theory. **Journal of the Association for Information Systems**, vol. 8, n. 5, p. 312-335, 2007.
- GUNDES, S.; AYDOGAN, G. Bibliometric analysis of research in international construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 43, p. 304-311, 2016.
- GUPTA, M.; HASAN, A.; JAIN, A. K.; JHA, K. N. Site Amenities and Workers' Welfare Factors Affecting Workforce Productivity in Indian Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 11, 2018.
- GURMU, A. T.; AIBINU, A. A.; CHAN, T. K. A study of best management practices for enhancing productivity in building projects: construction methods perspectives. **Construction Economics and Building**, vol. 163, n. 3, p. 1-19, 2016.
- HAJIFATHALIAN, K.; HOWELL, G.; WAMBEKE, B. W.; HSIANG, S. M.; LIU, M. "Oops" Simulation: Cost-benefits trade-off analysis of Reliable Planning for Construction Activities. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 142, n. 8, 2016.
- HAJIKAZEMI, S.; ANDERSEN, B.; LANGLO, J. A. Analyzing Electrical Installation Labor Productivity through Work Sampling. **International Journal of Productivity and Performance Management**, vol. 66, n. 4, p. 539-553, 2017.
- HAN, S.; LEE, S.; PEÑA-MORA, F. Identification and Quantification of Non-Value-Adding Effort from Errors and Changes in Design and Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 1, p. 98-109, 2012.

- HANNA, A. S.; CHANG, C. K.; SULLIVAN, K.; LACKNEY, J. A. Impact of Shift Work on Labor Productivity for Labor Intensive Contractor. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 134, n. 3, p. 197-204, 2008.
- HANNA, A.; BOODAI, F.; EL ASMAR, M. State of Practice of Building Information Modeling in Mechanical and Electrical Construction Industries. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 139, n. 10, 2013.
- HANNA, A. S.; MIKHAIL, G.; ISKANDAR, K. A. State of Prefab Practice in the Electrical Construction Industry: Qualitative Assessment. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 143, n. 2, 2017.
- HASAN, A.; BAROUDI, B.; ELMUALIM, A.; RAMEEZDEEN, R. Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 25, n. 7, p. 916-937, 2018.
- HERAVI, G.; ESLAMDOOST, E. Applying Artificial Neural Networks for Measuring and Predicting Construction-Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 10, 2015.
- HIYASSAT, M. A.; HIYARI, M. A.; SWEIS, G. J. Factors affecting construction labour productivity: a case study of Jordan. **International Journal of Construction Management**, vol. 16, n. 2, p. 138-149, 2016.
- HONG, T.; CHO, K.; HYUN, C.; HAN, S. Simulation-Based Schedule Estimation Model for ACS-Based Core Wall Construction of High-Rise Building. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 6, p. 393-402, 2011.
- HWANG, B.; ZHAO, X.; DO, T. H. V. Influence of Trade-Level Coordination Problems on Project Productivity. **Project Management Journal**, vol. 45, n. 5, p. 5-14, 2014.
- HWANG, B.; ZHU, L.; MING, J. T. T. Factors Affecting Productivity in Green Building Construction Projects: The Case of Singapore. **Journal of Management in Engineering**, vol. 33, n. 3, 2017.
- HWANG, S.; LIU, L. Y. Contemporaneous Time Series and Forecasting Methodologies for Predicting Short-Term Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 136, n. 9, p. 1047-1055, 2010.
- IBBS, W.; LIU, M. An Improved Methodology for Selecting Similar Working Days for Measured Mile Analysis. **International Journal of Project Management**, vol. 29, p. 773-780, 2011.
- IBRAHIM, M.; MOSELHI, O. Inertial Measurement Unit Based Indoor Localization of Construction Applications. **Automation in Construction**, vol. 71, p. 13-20, 2016.
- JAMMAERS, E.; ZANONI, P.; HARDONK, S. Construction positive identities in ableist workplaces: disabled employees' discursive practices engaging with the discourse of lower productivity. **Human Relations**, vol. 69, n. 6, p. 1365-1386, 2016.
- JARKAS, A. M. Buildability Factors Affecting Formwork Labour Productivity of Building Floors. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 37, p. 1383-1394, 2010a.
- JARKAS, A. M. The Impacts of Buildability Factors on Formwork Labour Productivity of Columns. **Journal of Civil Engineering and Management**, vol. 16, n. 4, p. 471-483, 2010b.

JARKAS, A. M. Critical Investigation into the Applicability of the Learning Curve Theory to Rebar Fixing Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 136, n. 12, p. 1279-1288, 2010c.

JARKAS, A. M. Buildability Factors Influencing Concreting Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 1, p. 89-97, 2012a.

JARKAS, A. M. Influence of Buildability Factors on Rebar Installation Labor Productivity of Columns. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 2, p. 258-267, 2012b.

JARKAS, A. M. Factors influencing labour productivity in Bahrain's construction industry. **International Journal of Construction Management**, vol. 15, n. 1, p. 94-108, 2015.

JARKAS, A. M. Learning Effect on Labour Productivity of Repetitive Concrete Masonry Blockwork: Fact of Fable? **International Journal of Construction Management**, vol. 65, n. 8, p. 1075-1090, 2016.

JARKAS, A. M. Beamless or beam-supported building floors: is buildability knowledge the missing link to improve productivity? **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 24, n. 3, p. 537-552, 2017.

JARKAS, A. M.; AL BALUSHI, R. A.; RAVEENDRANATH, P. K. Determinants of Construction Labour Productivity in Oman. **International Journal of Construction Management**, vol. 15, n. 4, p. 332-344, 2015.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. Factors affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 7, pp. 811-820, 2012.

JARKAS, A. M.; RADOSAVLJEVIC, M. Motivational Factors Impacting the Productivity of Construction Master Craftsmen in Kuwait. **Journal of Management in Engineering**, vol. 29, n. 4, p. 446-454, 2013.

JAYASINGHE, R. S.; FERNANDO, N. G. Developing Labour Productivity Norms for Aluminium System Formwork in Sri Lanka. **Built Environment Project and Asset Management**, vol. 7, n. 2, p. 199-211, 2017.

JIN, H.; NAHANGI, M.; GOODRUM, P. M.; YUAN, Y. Model-based space planning for temporary structures using simulation-based multi-objective programming. **Advanced Engineering Informatics**, vol. 33, p. 164-180, 2017.

JUN, D. H.; EL-RAYES, K. Optimizing the utilization of multiple labor shifts in construction projects. **Automation in Construction**, vol. 19, p. 109-119, 2010.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; ACIKARA, T.; ER, B. Factors affecting Labor Productivity: perspectives of craft workers. **Procedia Engineering**, vol. 164, p. 28-34, 2016.

KHANH, H. D.; KIM, S. Y. Determining Labor Productivity Diagram in High-Rise Building using Straight-Line Model. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 18, n. 4, p. 898-908, 2014.

KHANZADI, M.; NASIRZADEH, F.; DASHTI, M. S. Fuzzy Cognitive Map Approach to Analyze Causes of Change Orders in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 2, 2018.

- KIM, H.; LEE, H.; PARK, M.; AHN, C. R.; HWANG, S. Productivity Forecasting of Newly Added Workers based on Time-Series Analysis and Site Learning. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 9, 2015.
- KIM, T.; LIM, H.; CHO, H.; KANG, K. Automated Lifting System Integrated with Construction Hoists for Table Formwork in Tall Buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 140, n. 10, 2014.
- KISI, K. P.; MANI, N.; ROJAS, E. M.; FOSTER, E. T. Optimal Productivity in Labor-Intensive Construction Operations: Pilot Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 143, n. 3, 2016.
- LEE, B.; LEE, H.; PARK, M.; KIM, H. Influence Factors of Learning-Curve Effect in High-Rise Building Constructions. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 8, 2015.
- LEE, G.; LEE, G.; LEE, T. Field Applicability and Feasibility of the automated non-powered multi-beam lifting system. **Automation in Construction**, vol. 28, p. 26-35, 2012.
- LEE, M.; LEE, S.; KWON, S.; CHIN, S. A Study on Scan Data Matching for Reverse Engineering of Pipes in Plant Construction. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 21, n. 6, p. 2027-2036, 2017.
- LI, X.; CHOW, K. H.; ZHU, Y.; LIN, Y. Evaluating the impacts of high-temperature outdoor working environments on construction labor productivity in China: A case study of rebar workers. **Building and Environment**, vol. 95, p. 42-52, 2016.
- LI, Y.; LIU, C. Labour Productivity Measurement with Variable Returns to Scale in Australia's construction industry. **Architectural Science Review**, vol. 55, n. 2, p. 110-118, 2012.
- LIRA, Sachiko Araki. **Análise de Correlação: Abordagem Teórica e de Construção dos Coeficientes com Aplicações**. 2004. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Departamento de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LIU, B.; CHEN, Y.; WANG, R.; SHEN, Y.; SHEN, Q. Different Interaction Mechanisms of Market Structure in the Construction Industry TFP from the Spatial Perspective: A Case Study in China. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 20, n. 1, p. 23-33, 2016.
- LIU, M.; BALLARD, G.; IBBS, W. Work Flow and Labor Productivity: Case Study. **Journal of Management in Engineering**, vol. 27, n. 4, p. 236-242, 2011.
- LUCKO, G.; ROJAS, E. M. Research Validation: Challenges and Opportunities in the Construction Domain. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 136, n. 1, p. 127-135, 2010.
- MA, L.; LIU, C.; MILLS, A. Construction Labor Productivity Convergence: a conditional frontier approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 23, n. 3, p. 283-301, 2016.
- MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. **International Journal of Human-Computer Studies**, vol. 51, p. 135-147, 1999.
- MINCHIN JR., R. E.; LEWIS, D. W.; MCLEOD, L. Improving Productivity on a Troubled Bridge Project. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 5, p. 364-371, 2011.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4. ed. São Paulo: LTC, 2009. 490 p.

- MOON, H.; DAWOOD, N.; KANG, L. Development of Workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule. **Advanced Engineering Informatics**, vol. 28, p. 50-65, 2014.
- MOSTAFAVI, A.; VALENTIN, V.; ABRAHAM, D. M.; LOUIS, J. Assessment of the Productivity if Nighttime Asphalt Paving Operations. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 12, p. 1421-1432, 2012.
- MUKAKA, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, vol. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- NAOUM, S. G. Factors influencing labor productivity on construction sites: A state-of-the-art literature review and a survey. **International Journal of Productivity and Performance Management**, vol. 65, n. 3, p. 401-421, 2016.
- NASIR, A. R.; BARGSTÄDT, H. An approach to develop video tutorials for construction tasks. **Procedia Engineering**, vol. 196, p. 1088-1097, 2017.
- NASIR, H.; HAAS, C. T.; CALDAS, C. H.; GOODRUM, P. M. An Integrated Productivity-Practices Implementation Index for Planning the Execution of Infrastructure Projects. **Journal of Infrastructure Systems**, vol. 22, n. 2, 2016.
- NATH, N. D.; AKHAVIAN, R.; BEHZADAN, A. H. Ergonomic Analysis of Construction Worker's body postures using wearable mobile sensors. **Applied Ergonomics**, vol. 62, p. 107-117, 2017.
- NAZARKO, J.; CHODAKOWSKA, E. Measuring productivity of construction industry in Europe with Data Envelopment Analysis. **Procedia Engineering**, vol. 122, p. 204-212, 2015.
- NGUYEN, L. D.; NGUYEN, T. K. N.; TRAN, D. Q.; VILIERIS, C. Productivity in Daytime and Nighttime Construction of Urban Sewer Systems. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 140, n. 7, 2014.
- NICOLETTI, M. C.; CAMARGO, H. A. **Fundamentos da Teoria de Conjuntos Fuzzy**. São Carlos: EdUFSCar, 2013. (Série Apontamentos).
- NOJEDEHI, P.; NASIRZADEH, F. A Hybrid Simulation Approach to Model and Improve Construction Labor Productivity. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 21, n. 5, p. 1516-1524, 2017.
- OYEGOKE, A. The constructive research approach in project management research. **International Journal of Managing Projects in Business**, vol. 4, n. 4, p. 573-595, 2011.
- PARIDA, R.; RAY, P. K. Factors influencing construction ergonomic performance in India. **Procedia Manufacturing**, vol. 3, p. 6587-6592, 2015.
- PARK, M.; HA, S.; LEE, H.; CHOI, Y.; KIM, H.; HAN, S. Lifting demand-based zoning for minimizing worker vertical transportation time in high-rise building construction. **Automation in Construction**, vol. 32, p. 88-95, 2013.
- PARVAN, K.; RAHMANDAD, H.; HAGHANI, A. Inter-phase feedbacks in construction projects. **Journal of Operations Management**, vol. 39-40, p. 48-62, 2015.
- PEKURI, A.; HAAPASALO, H.; HERRALA, M. Productivity and Performance Management – Managerial Practices in the Construction Industry. **International Journal of Performance Measurement**, vol. 1, p. 39-58, 2011.

- PETERSON, R. A. A Meta-analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. **Journal of Consumer Research**, vol. 21, n. 2, p. 381-391, 1994.
- POIRIER, E. A.; STAUB-FRENCH, S.; FORGUES, D. Measuring the Impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research. **Automation in Construction**, vol. 58, p. 74-84, 2015.
- RAOUFI, M.; FAYEK, A. R. Framework for Identification of Factors Affecting Construction Crew Motivation and Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 9, 2018a.
- RAOUFI, M.; FAYEK, A. R. Key Moderators of the Relationship between Construction Crew Motivation and Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 6, 2018b.
- RAUTIAINEN, A.; SIPPOLA, K.; MÄTTÖ, T. Perspectives on relevance: The relevance test in the constructive research approach. **Management Accounting Research**, vol. 34, p. 19-29, 2017.
- RICH, D.; GLASS, J.; GIBB, A. G. E.; GOODIER, C. I.; SANDER, G. Optimising construction with self-compacting concrete. **Construction Materials**, vol. 170, n. 2, p. 104-114, 2015.
- RIVAS, R. A.; BORCHERDING, J. D.; GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L. F. Analysis of Factors Influencing Productivity Using Craftsmen Questionnaires: Case Study in a Chilean Construction Company. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 4, p. 312-320, 2011.
- ROJAS, R. Fuzzy Logic. In: ROJAS, R. **Neural Networks**. Berlin: Springer-Verlag, 1996. Cap. 11. p. 289-310.
- ROSS, T. J. **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. 2 ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 1995.
- RUSSELL, M. M.; HOWELL, G.; HSIANG, S. M.; LIU, M. Application of Time Buffers to Construction Project Task Durations. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 139, n. 10, 2013.
- RUWANPURA, J. Y.; HEWAGE, K. N.; SILVA, L. P. Evolution of the o-Booth© onsite information management kiosk. **Automation in Construction**, vol. 21, p. 52-63, 2012.
- SERESHT, N. G.; FAYEK, A. R. Dynamic Modeling of Multifactor Construction Productivity for Equipment-Intensive Activities. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 144, n. 9, 2018.
- SHAHTAHERI, M.; NASIR, H.; HAAS, C. T. Setting Baseline Rates for On-Site Work Categories in the Construction Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 5, 2015.
- SHAN, Y.; KIM, J. Y.; GOODRUM, P. M.; CALDAS, C. H.; HAAS, C. Impact of Steel Quick Connection System on Steel Erection Labor Productivity: Case Studies and Simulation based analyses. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 41, n. 12, p. 1036-1045, 2014.
- SHAN, Y.; ZHAI, D.; GOODRUM, P. M.; HAAS, C. T.; CALDAS, C. H. Statistical Analysis of the Effectiveness of Management Programs in Improving Construction Labor Productivity on Large Industrial Projects. **Journal of Management in Engineering**, vol. 32, n. 1, 2016.

- SHAN, Y.; IMRAN, H.; LEWIS, P.; ZHAI, D. Investigating the Latent Factors of Quality of Work-Life Affecting Construction Craft Worker Job Satisfaction. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 143, n. 5, 2017.
- SHEHATA, M. E.; EL-GOHARY, K. M. Towards improving construction labor productivity and projects' performance. **Alexandria Engineering Journal**, vol. 50, p. 321-330, 2012.
- SHEN, Y.; ZYGMUNT, K. J.; WANDAHL, S. Reducing Variability of Workforce as a tool to improve plan reliability. **Procedia Engineering**, vol. 172, p. 969-976, 2017.
- SHEN, Z.; JENSEN, W.; BERRYMAN, C.; ZHU, Y. Comparative Study of Activity-Based Construction Labor Productivity in the United States and China. **Journal of Management in Engineering**, vol. 27, n. 2, p. 116-124, 2011.
- SICHANI, M. S.; LEE, S.; FAYEK, A. R. Understanding construction workforce absenteeism in industrial construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 38, n. 8, p. 849-858, 2011.
- SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3. ed. USA: MIT Press, 1996.
- SOLEIMANIFAR, M.; SHEN, X.; LU, M.; NIKOLAIDIS, I. Applying received signal strength-based methods for indoor positioning and tracking in construction applications. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 41, n. 8, p. 703-716, 2014.
- SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. 1996. 280p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo diário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. 2001. 357p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SROUR, F. J.; SROUR, I.; LATTOUF, M. G. A Survey of Absenteeism on Construction Sites. **International Journal of Manpower**, vol. 38, n. 4, p. 533-547, 2017.
- SVEIKAUSKAS, L.; ROWE, S.; MILDENBERGER, J.; PRICE, J.; YOUNG, A. Productivity Growth in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 142, n. 10, 2016.
- TAVAKOL, M.; DENNICK, R. **Making sense of Cronbach's alpha**. **International Journal of Medical Education**, vol. 2, p. 53-55, 2011.
- TAYLOR, J. E.; DOSSICK, C. S.; GARVIN, M. Meeting the Burden of Proof with Case-Study Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 4, p. 303-311, 2011.
- TAYLOR, T. R. B.; UDDIN, M.; GOODRUM, P. M.; MCCOY, A.; SHAN, Y. Change Orders and Lessons Learned: Knowledge from Statistical Analyses of Engineering Change Orders on Kentucky Highway Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 12, p. 1360-1369, 2012.
- THOMAS, A.; DAVIS, B.; DADI, G. B.; GOODRUM, P. M. Case Study on the Effect of 690 mpa (100 ksi) steel reinforcement on concrete productivity in buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 139, n. 11, 2013.
- THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor Model of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 113, n. 4, p. 623-639, 1987.

- TORABI, M.; MAHLOOJI, H. An integrated simulation-DEA approach to multi-criteria ranking of scenarios for execution of operations in a construction project. **Iranian Journal of Management Studies**, vol. 9, n. 4, p. 801-827, 2016.
- TSEHAYAE, A. A.; FAYEK, A. R. Identification and comparative analysis of key parameters influencing construction labour productivity in building and industrial projects. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 41, p. 878-891, 2014.
- TSEHAYAE, A. A. **Developing and Optimizing Context-Specific and Universal Construction Labour Productivity Models**. 2015. 332 f. Tese (PhD) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Alberta, Alberta - Canadá, 2015.
- TSEHAYAE, A. A.; FAYEK, A. R. Developing and Optimizing Context-Specific Fuzzy Inference System-Based Construction Labor Productivity Models. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 142, n. 7, 2016a.
- TSEHAYAE, A. A.; FAYEK, A. R. System model for analyzing construction labour productivity. **Construction Innovation**, vol. 16, n. 2, p. 203-228, 2016b.
- VESSELY, M.; RICHRATH, S.; WELDEMICAEL, E. Economic Impacts from Geologic Hazard Events on Colorado Department of Transportation Right-of-Way. **Journal of Transportation Research Board**, vol. 2646, p. 8-16, 2017.
- VOGL, B.; ABDEL-WAHAB, M. Measuring the Construction Industry's Productivity Performance: Critique of International Productivity Comparisons at Industry Level. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 4, 2014.
- WAMBEKE, B. W.; HSIANG, S. M.; LIU, M. Causes of Variation in Construction Project Task Starting Times and Duration. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 137, n. 9, 2011.
- WAMBEKE, B. W.; LIU, M.; HSIANG, S. M. Using Last Planner and Risk Assessment Matrix to Reduce Variation in Mechanical Related Construction Tasks. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 138, n. 4, p. 491-498, 2012.
- WAN, S. K. M.; KUMARASWAMY, M.; LIU, D. T. C. Dynamic Modelling of Building Services Projects: A simulation model for real-life projects in the Hong Kong construction industry. **Mathematical and Computer Modelling**, vol. 57, p. 2054-2066, 2013.
- WARIS, M.; LIEW, M. S.; KHAMIDI, M. F.; IDRUS, A. Investigating the Awareness of Onsite Mechanization in Malaysian Construction Industry. **Procedia Engineering**, vol. 77, p. 205-212, 2014.
- WEIDMAN, J.; DICKERSIN, D. E.; KOEBEL, C. T. Intervention to Improve Purchasing Decision-Maker Perceptions of Ventilated Tools. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 141, n. 6, 2015.
- WOO, S. Simulation Analysis of Labor Performance during Overtime and Impact on Project Duration. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 20, n. 7, p. 2614-2623, 2016.
- YEHEYIS, M.; REZA, B.; HEWAGE, K.; RUWANPURA, J.; SADIQ, R. Evaluating motivation of construction workers: a comparison of fuzzy rule-based model with the traditional expectancy theory. **Journal of Civil Engineering and Management**, vol. 22, n. 7, p. 862-873, 2016.
- YI, W.; CHAN, A. P. C. Optimizing work-rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment. *Building and Environment*, vol. 61, p. 104-113, 2013.

YI, W.; CHAN, A. P. C. Critical Review of Labor Productivity Research in Construction Journals. **Journal of Management in Engineering**, vol. 30, n. 2, p. 214-225, 2014.

YI, W.; WANG, S. Mixed-Integer Linear Programming on Work-Rest Schedule Design for Construction Sites in Hot Wather. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, vol. 32, p. 429-439, 2017.

YUN, S.; CHO, H.; TAE, Y.; AHN, B.; AN, S.; HUH, Y. Productivity Analysis of Steel Works for Cost Estimation of Public Projects in Korea. **KSCE Journal of Civil Engineering**, vol. 16, n. 1, p. 1-7, 2011.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, vol. 8, p. 338-353, 1965.

ZARE, S.; BRULAND, A.; ROSTAMI, J. Evaluating D&B and TBM tunneling using NTNU prediction models. **Tunnelling and Underground Space Technology**, vol. 59, p. 55-64, 2016.

ZHANG, D.; NASIR, H.; HAAS, C. T. Development of an internal benchmarking and metrics model for industrial construction enterprises for productivity improvement. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 44, n. 7, p. 518-529, 2017.

ZHANG, L.; CHEN, X.; SUO, Y. Interrelationships among critical factors of work flow reliability in lean construction. **Journal of Civil Engineering and Management**, vol. 35, n. 5, p. 621-632, 2017.

ZHAO, X. HWANG, B.-G.; LOW, S. P. Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms. **Journal of Construction Management in Engineering**, vol. 139, n. 9, p. 1179-1189, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A – Bases de Regras Inseridas no Matlab

*Apêndice B – Mensagem Inicial e Carta de Apresentação do Questionário (1ª Etapa)
Aplicado aos Gerentes de Projeto*

Apêndice C – Questionário (1ª Etapa) Aplicado aos Gerentes de Projeto

*Apêndice D – Resumo das Respostas do Questionário (1ª Etapa) Aplicado aos Gerentes de
Projeto*

*Apêndice E – Carta De Apresentação do Questionário (2ª Etapa) Aplicado aos Gerentes de
Projeto*

Apêndice F – Questionário (2ª Etapa) Aplicado aos Gerentes de Projeto

APÊNDICE A – BASES DE REGRAS INSERIDAS NO MATLAB

SUBCATEGORIA “PSICOLÓGICO DA MÃO DE OBRA”

1. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
2. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
3. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
4. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
5. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
6. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
7. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
8. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
9. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
10. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
11. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
12. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
13. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
14. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
15. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
16. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
17. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
18. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
19. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
20. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
21. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
22. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
23. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
24. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
25. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
26. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
27. If (Motivação is Baixa) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
28. If (Motivação is Média) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)

59. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
60. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
61. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
62. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
63. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
64. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
65. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
66. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
67. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
68. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
69. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
70. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Média) (1)
71. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
72. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
73. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
74. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
75. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Baixa) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
76. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
77. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
78. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Média) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
79. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Baixa) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
80. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Média) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
81. If (Motivação is Alta) and (Insatisfação is Alta) and (Personalidade is Alta) and (Absentéismo is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)

SUBCATEGORIA “FÍSICO DA MÃO DE OBRA”

1. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
2. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Média) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
3. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Alta) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
4. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
5. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Média) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
6. If (Fadiga is Baixa) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Alta) and (Clima is Baixa) then (Produtividade is Alta) (1)

67. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
68. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Média) and (Clima is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
69. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Alta) and (Clima is Média) then (Produtividade is Média) (1)
70. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
71. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Média) and (Clima is Média) then (Produtividade is Média) (1)
72. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Alta) and (Clima is Média) then (Produtividade is Média) (1)
73. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
74. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Média) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
75. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Baixa) and (Conforto is Alta) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
76. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
77. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Média) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
78. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Média) and (Conforto is Alta) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
79. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Baixa) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
80. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Média) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
81. If (Fadiga is Alta) and (Ergonomia is Alta) and (Conforto is Alta) and (Clima is Alta) then (Produtividade is Média) (1)

SUBCATEGORIA “EXTRÍNSECO À MÃO DE OBRA (A)”

1. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
2. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
3. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
4. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
5. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
6. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
7. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
8. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
9. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Baixa) then (Produtividade is Alta) (1)
10. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
11. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Média) (1)
12. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Média) (1)
13. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Média) (1)
14. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Média) (1)
15. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
16. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Média) (1)
17. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
18. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
19. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
20. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Média) (1)

21. If (FormdEquip is Baixa) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
22. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Baixa) (1)
23. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
24. If (FormdEquip is Média) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
25. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Baixa) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
26. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Média) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
27. If (FormdEquip is Alta) and (Remuneração is Alta) and (Turnos is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

SUBCATEGORIA “EXTRÍNSECO À MÃO DE OBRA (B)”

1. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
2. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
3. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
4. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
5. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
6. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
7. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
8. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
9. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
10. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
11. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
12. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
13. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
14. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
15. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
16. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
17. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Média) (1)
18. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
19. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
20. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
21. If (Alojamentos is Baixa) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
22. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
23. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
24. If (Alojamentos is Média) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
25. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Baixa) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
26. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Média) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
27. If (Alojamentos is Alta) and (Segurança is Alta) and (Treinamento is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

SUBCATEGORIA “INTRÍNSECO À MÃO DE OBRA”

1. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
2. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
3. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
4. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
5. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
6. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
7. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
8. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
9. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
10. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
11. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
12. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
13. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
14. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
15. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
16. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
17. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
18. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Média) then (Produtividade is Média) (1)
19. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
20. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
21. If (Imigrantes is Baixa) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
22. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
23. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
24. If (Imigrantes is Média) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
25. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Baixa) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
26. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Média) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
27. If (Imigrantes is Alta) and (CurvadeAprendizado is Alta) and (Experiencia is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

SUBCATEGORIA “PLANEJAMENTO DA GERÊNCIA”

1. If (AlocdeRecursos is Baixa) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)

62. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
63. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Baixa) then (Produtividade is Alta) (1)
64. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
65. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
66. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
67. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
68. If (AlocdeRecursos is Média) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
69. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
70. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Média) (1)
71. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
72. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
73. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
74. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
75. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Baixa) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
76. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
77. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
78. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Média) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
79. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Baixa) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
80. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Média) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
81. If (AlocdeRecursos is Alta) and (Ferramentas is Alta) and (AtividadeEscopo is Alta) and (LinhadeBaseProdutiv is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

SUBCATEGORIA “HABILIDADE DA GERÊNCIA”

1. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
2. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
3. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
4. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
5. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
6. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
7. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
8. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
9. If (PlanejPrevGerencEfic is Baixa) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)

70. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
71. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
72. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Média) then (Produtividade is Média) (1)
73. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
74. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
75. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Baixa) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
76. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
77. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
78. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Média) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
79. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Baixa) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
80. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Média) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
81. If (PlanejPrevGerencEfic is Alta) and (Comunicação is Alta) and (Conflitos is Alta) and (Fluxodetrabalho is Alta) then (Produtividade is Média) (1)

SUBCATEGORIA “OBRA”

1. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
2. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
3. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Alta) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
4. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
5. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
6. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Alta) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
7. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Alta) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
8. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Alta) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
9. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Alta) and (Equipam is Alta) and (Prefabmold is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
10. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
11. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
12. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Baixa) and (Equipam is Alta) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Média) (1)
13. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
14. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Média) (1)
15. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Média) and (Equipam is Alta) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Média) (1)
16. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Alta) and (Equipam is Baixa) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Média) (1)
17. If (LayoutCanteiro is Baixa) and (TranspMater is Alta) and (Equipam is Média) and (Prefabmold is Média) then (Produtividade is Média) (1)

64. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
65. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Média) (1)
66. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Média) (1)
67. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
68. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
69. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Média) (1)
70. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
71. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Média) (1)
72. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Média) then (Produtividade is Média) (1)
73. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
74. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
75. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Baixa) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
76. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
77. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
78. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Média) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
79. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Baixa) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
80. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Média) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
81. If (Burocracia is Alta) and (Feedbackpósobra is Alta) and (Mercado is Alta) and (Lucrofinal is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

CATEGORIA “GERENCIAL”

1. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Baixa) and (Planejamento is Baixa) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
2. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Baixa) and (Planejamento is Média) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
3. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Baixa) and (Planejamento is Alta) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
4. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Média) and (Planejamento is Baixa) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
5. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Média) and (Planejamento is Média) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
6. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Média) and (Planejamento is Alta) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
7. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Alta) and (Planejamento is Baixa) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
8. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Alta) and (Planejamento is Média) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Baixa) (1)
9. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Alta) and (Planejamento is Alta) and (Habilidade is Baixa) then (Gerencial is Média) (1)
10. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Baixa) and (Planejamento is Baixa) and (Habilidade is Média) then (Gerencial is Baixa) (1)
11. If (Psicologico is Baixa) and (Fisico is Baixa) and (Extrinseco is Baixa) and (Intrinseco is Baixa) and (Planejamento is Média) and (Habilidade is Média) then (Gerencial is Baixa) (1)

3. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
4. If (Obra is Média) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Baixa) (1)
5. If (Obra is Média) and (Projeto is Média) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
6. If (Obra is Média) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
7. If (Obra is Alta) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
8. If (Obra is Alta) and (Projeto is Média) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
9. If (Obra is Alta) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Baixa) then (Produtividade is Média) (1)
10. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Baixa) (1)
11. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Média) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
12. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
13. If (Obra is Média) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
14. If (Obra is Média) and (Projeto is Média) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
15. If (Obra is Média) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
16. If (Obra is Alta) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
17. If (Obra is Alta) and (Projeto is Média) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Média) (1)
18. If (Obra is Alta) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Média) then (Produtividade is Alta) (1)
19. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
20. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Média) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
21. If (Obra is Baixa) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
22. If (Obra is Média) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
23. If (Obra is Média) and (Projeto is Média) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
24. If (Obra is Média) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
25. If (Obra is Alta) and (Projeto is Baixa) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Média) (1)
26. If (Obra is Alta) and (Projeto is Média) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)
27. If (Obra is Alta) and (Projeto is Alta) and (Empresa is Alta) then (Produtividade is Alta) (1)

APÊNDICE B – MENSAGEM INICIAL E CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA) AOS GERENTES DE PROJETO

Prezados e Prezadas,

O link a seguir encaminha à um questionário correspondente à uma pesquisa de mestrado atualmente em desenvolvimento. Pretendemos quantificar a influência desses parâmetros na produtividade da mão-de-obra. Agradecemos o seu tempo desde já. Mais instruções se encontram no cabeçalho do questionário.

LINK: <https://goo.gl/forms/5uCkE8D5EIL1Nfvz2>

Att,

Lissa Gomes Araújo

Mestranda (UnB - Construção Civil)

Prezados e prezadas,

Meu nome é Lissa Gomes Araújo, e estou cursando o último semestre do Mestrado em Construção Civil da UnB, orientada pela prof. Michele Carvalho.

Este questionário faz parte da minha pesquisa, que se propõe a quantificar a influência de parâmetros objetivos e subjetivos na produtividade da mão-de-obra.

Por favor, mantenha em mente um projeto no qual você trabalhou, ou mais projetos, dependendo da sua experiência. Caso em dúvida, opte por mentalizar o projeto mais atual que você gerenciou.

A descrição de cada parâmetro serve para explicar o seu significado, a que o parâmetro se refere. Responda sobre a INFLUÊNCIA.

As perguntas devem ser respondidas da seguinte forma:

Você não deve apontar a EXISTÊNCIA, e sim a INFLUÊNCIA.

Exemplo: NÃO usamos planejamento prévio, mas isso teve BAIXA influência. USAMOS planejamento prévio, mas isso NÃO influenciou muito. USAMOS planejamento prévio, e isso teve ALTA influência.

Você pode notar a influência do parâmetro pela ausência ou pela presença do mesmo. MAS VOTE NA INFLUÊNCIA.

- Não percebi influência significativa: BAIXA (1-3)
- Percebi certa variação: MÉDIA (4-6)
- Sim, percebia claramente esse parâmetro influenciando a produtividade: ALTA (7-10)

CASO CONCORDE COM A SEGUNDA ETAPA, SERÃO ENVIADOS PARA VOCÊ OS RESULTADOS DO SEU QUESTIONÁRIO APÓS PROCESSAMENTO DO MODELO, PARA QUE VOCÊ CONCORDE OU NÃO COM O MESMO. AS RESPOSTAS SERÃO ENVIADAS EM NO MÁXIMO 48H.

Obrigada desde já pelo seu tempo.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA) ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO

PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE

Endereço de e-mail *

Nome *

Não se preocupe, seus dados pessoais permanecerão anônimos.

Experiência como Gerente de Projeto *

- Menos de 5 anos
- Entre 5 e 10 anos
- Mais de 10 anos

CONCORDÂNCIA COM A SEGUNDA ETAPA *

Você aceita receber a segunda etapa dessa pesquisa, que lhe enviará o resultado do modelo de acordo com suas respostas, para que você possa afirmar se o modelo está correto ou não?



- Sim
- Não

* Obrigatório

Psicológico e Físico da Mão de Obra

MOTIVAÇÃO

Você acredita que as condições de convivência e de trabalho incentivavam emocionalmente a mão-de-obra a executar suas tarefas, ou que a falta de apoio emocional atrapalhava o trabalho?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

INSATISFAÇÃO

Você recebia muitas reclamações da mão-de-obra em relação às condições de trabalho, como por exemplo, a qualidade da comida, o conforto das áreas comuns, a qualidade da água e dos banheiros, o tratamento recebido por eles de hierarquias mais altas?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

PERSONALIDADE

Você já teve problemas ao comandar um trabalhador, devido especialmente à atitude do mesmo?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

ABSENTEÍSMO

A quantidade de faltas da mão-de-obra era significativa? SUGESTÃO DE ESCALA: *1 falta a cada 15 dias: BAIXA, *1 falta por semana: MÉDIA, *Mais de 1 falta por SEMANA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

FADIGA FÍSICA

Você acredita que o trabalho da mão-de-obra era mais desgastante do que o normal para esse tipo de ambiente? Você já lidou com exaustão entre a mão-de-obra?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO

Você percebia preocupação da equipe de gerenciamento em relação à postura e posições de trabalho dos trabalhadores enquanto uma tarefa era executada, a fim de evitar lesões ou LER?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

CONFORTO

O canteiro fornecia ambientes de descanso e convivência apropriados para a mão-de-obra? Mesas de refeição apropriadas, áreas de descanso...

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

CLIMA

Existia alguma providência a ser tomada em casos de dias de trabalho com clima extremo? (Onda de calor, umidade baixa, muito frio, trabalho em regiões lamacentas); As metas de trabalho eram moderadas de acordo com as condições climáticas?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

Extrínseco e Intrínseco à Mão de Obra

FORMAÇÃO DE EQUIPES

Existia uma preocupação da equipe de gerenciamento quando na formação de equipes, os integrantes tivessem bom entrosamento, habilidades complementares e personalidades não-conflitantes? Eram testadas diferentes combinações possíveis?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

REMUNERAÇÃO

A mão-de-obra reclamava da remuneração recebida?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

TURNOS DE TRABALHO

O gerenciamento precisou utilizar turnos de trabalho atípicos, ex: turnos noturnos e troca de equipes para trabalho ao longo de 24h?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

ALOJAMENTOS

O projeto ao qual você está se referindo fazia uso de alojamentos? Se sim, você acredita que eles eram aceitáveis (NR-18)? Confortáveis, favoreciam a convivência pacífica da mão-de-obra, etc?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

SEGURANÇA DO TRABALHO

O cumprimento das normas de segurança do trabalho eram uma preocupação constante do gerenciamento e fiscalização da mão-de-obra, como distribuição de EPI, treinamento, medidas de segurança coletivas?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

TREINAMENTO DA MÃO DE OBRA

O gerenciamento providenciou/se preocupou com algum treinamento específico para a mão-de-obra realizar determinada atividade?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

MÃO DE OBRA IMIGRANTE

O seu projeto possui mão de obra advinda de outro país? Isso causou problemas de comunicação ou de adaptação a práticas locais?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

CURVA DE APRENDIZADO

Você tentou favorecer a manutenção da maioria das condições de trabalho a fim de que a mão-de-obra pudesse automatizar a atividade executada (ou seja, você manteve a mão-de-obra no mesmo lugar e com as mesmas condições para que ela se acostumassem com o trabalho e pudesse aumentar a produtividade)?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

EXPERIÊNCIA DA MÃO DE OBRA

Você teve a oportunidade de trabalhar com pessoas muito experientes, que se deram melhor no ambiente de trabalho por conta da experiência?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

Planejamento e Habilidade da Gerência

ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERS E PARALELISMO

Os recursos foram distribuídos ao longo do tempo de projeto para ajudar no controle do ritmo de trabalho e no controle financeiro do mesmo?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO

A equipe de gerenciamento usou alguma ferramenta conhecida para melhorar o trabalho? Ex: Plataforma BIM, cronogramas, uso do Excel para planejamento físico e financeiro, princípios da construção enxuta, etc?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

ESCOPO DAS ATIVIDADES

As atividades do projeto foram divididas de acordo com as necessidades do projeto, ou alguma atividade se apresentou mal dimensionada, exigindo trabalho demais ou de menos da mão-de-obra?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

LINHAS DE BASE DA PRODUTIVIDADE

A equipe de gerenciamento tinha alguma linha de base para comparar com a produtividade real do projeto em execução, e ela foi usada?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE

A equipe fazia reuniões periódicas para reavaliar metas, conseguia lidar com a maioria dos problemas que surgiam ao longo da execução do projeto, e estava envolvida no projeto desde a sua concepção, ou antes do início da execução?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

COMUNICAÇÃO ENTRE OS RECURSOS HUMANOS

Existia comunicação satisfatória entre todas as áreas do projeto (escritório, canteiro de obras, equipe de liderança no canteiro e mão-de-obra), com fluxo de informações constante e rápido?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

CONFLITOS

A equipe de gerenciamento sabia lidar com conflitos entre os trabalhadores de todas as equipes, com habilidades de conciliação e mediação?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa Percebi total influência

FLUXO DE TRABALHO

A equipe de gerenciamento se preocupava em manter o fluxo de trabalho no canteiro o mais constante possível, sem interrupções de atividades críticas, sem atraso de materiais, sem realocação de equipes antes da finalização da atividade designada, etc?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

Obra, Projeto e Empresa

LAYOUT DE CANTEIRO

O projeto possuía um projeto de layout de canteiro, que buscou maior eficiência no armazenamento de materiais, rapidez de transporte e cumprimento de todas as instalações básicas (NR-18)? O projeto foi executado?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

TRANSPORTE DE MATERIAIS

Ocorreu uma preocupação com o transporte eficiente de materiais, identificando as menores distâncias, material acessível na medida das disponibilidades do canteiro?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

USO DE EQUIPAMENTOS

A obra usou algum equipamento especial para auxiliar em atividades críticas? Ex: trator para movimentação de terra, guas para transporte de materiais, etc. Houve uma preocupação do gerenciamento com o custo-benefício do equipamento utilizado (o ganho em produtividade da atividade auxiliada compensada o aluguel/compra do material)?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS

A obra usou algum tipo de pré-fabricado/pré-moldado, e se sim, houve algum estudo de viabilidade e ganho de produtividade para que eles fossem aplicados?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

MÉTODOS CONSTRUTIVOS

O projeto teve a preocupação de comparar diferentes métodos construtivos para avaliar vantagens e desvantagens e escolher o mais adequado? Ex.: estrutura de concreto armado x estrutura de aço.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE

Houve uma preocupação nas fases iniciais de desenvolvimento do projeto relacionadas à viabilidade de execução do projeto, ou seja, o projeto era possível de ser construído dada as habilidades e recursos da empresa/equipes?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO

Houve uma preocupação nas fases iniciais do projeto de uniformizar os elementos construtivos em prol da produtividade? Ex: uma maior repetição de pilares de mesma seção, a concordância do projeto com normas técnicas, etc.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não percebi influência significativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Percebi total influência

CLAREZA DE PROJETO

A equipe de gerenciamento sentia necessidade de contatar o projetista para esclarecer detalhes? Foram encontrados defeitos no projeto? Ex.: elementos em um corte que não estavam na planta baixa ou vice-versa (incongruências), vistas insuficientes, etc.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Percebi total influência

BUROCRACIA

A burocracia enfrentada pela empresa chegou a se tornar um problema em canteiro, que prejudicou o fluxo de trabalho? Ex: embargo da obra

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Percebi total influência

FEEDBACK PÓS-OBRA

A empresa costuma pedir feedback do empreendimento após entregada, para os usuários? Se sim, esse feedback é usado como informação nas fases iniciais de outros projetos?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Percebi total influência

MERCADO E CONTEXTO DA OBRA

As influências do mercado (economia) influenciaram decisões no canteiro? Ex.: diminuição da mão-de-obra por conta de uma baixa de mercado, etc.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Percebi total influência

LUCRO FINAL DO PROJETO

Variações do lucro final do projeto alteravam as condições de trabalho no canteiro de forma drástica? (Lucros muito altos aumentavam a qualidade do trabalho)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não percebi influência significativa

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Percebi total influência

Muito obrigada pelo seu tempo.

**APÊNDICE D – RESUMO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO (1ª ETAPA)
ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO**

		ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	ESPECIALISTA 3
Experiência como Gerente de Projeto		Menos de 5 anos	Mais de 10 anos	Menos de 5 anos
Concordância com a Segunda Etapa		Sim	Sim	Sim
PARÂMETROS	MOTIVAÇÃO	8	8	6
	INSATISFAÇÃO	5	8	3
	PERSONALIDADE	7	6	7
	ABSENTEÍSMO	3	7	1
	FADIGA FÍSICA	5	5	2
	ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	6	6	5
	CONFORTO	6	8	7
	CLIMA	1	4	5
	FORMAÇÃO DE EQUIPES	4	5	7
	REMUNERAÇÃO	6	8	2
	TURNOS DE TRABALHO	1	7	1
	ALOJAMENTOS	2	3	0
	SEGURANÇA DO TRABALHO	6	8	3
	TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	9	8	1
	MÃO DE OBRA IMIGRANTE	1	5	2
	CURVA DE APRENDIZADO	8	6	8
	EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	8	8	4
	ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	6	5	8
	FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	7	8	8
	ESCOPO DAS ATIVIDADES	8	6	8
	LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	8	5	5
	PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	6	7	8
	COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	8	7	8
	CONFLITOS	9	7	6
	FLUXO DE TRABALHO	8	8	8
	LAYOUT DE CANTEIRO	8	8	5
	TRANSPORTE DE MATERIAIS	7	8	6
	USO DE EQUIPAMENTOS	7	8	8
	PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	8	8	9
	MÉTODOS CONSTRUTIVOS	9		7
	CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	9	8	6
	RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	9	8	7
	CLAREZA DE PROJETO	10	8	5
BUROCRACIA	6	9	1	
FEEDBACK PÓS-OBRA	3	3	5	
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	7	8	7	
LUCRO FINAL DO PROJETO	7	8	5	

		ESPECIALISTA 4	ESPECIALISTA 5	ESPECIALISTA 6
Experiência como Gerente de Projeto		Menos de 5 anos	Menos de 5 anos	Menos de 5 anos
Concordância com a Segunda Etapa		Sim	Sim	Sim
PARÂMETROS	MOTIVAÇÃO	8	10	9
	INSATISFAÇÃO	2	8	7
	PERSONALIDADE	2	9	10
	ABSENTEÍSMO	2	4	3
	FADIGA FÍSICA	2	4	3
	ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	5	9	4
	CONFORTO	2	3	7
	CLIMA	8	6	8
	FORMAÇÃO DE EQUIPES	5	9	8
	REMUNERAÇÃO	2	8	9
	TURNOS DE TRABALHO	2	4	8
	ALOJAMENTOS	2	1	8
	SEGURANÇA DO TRABALHO	2	9	7
	TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	2	8	8
	MÃO DE OBRA IMIGRANTE	2	1	3
	CURVA DE APRENDIZADO	2	9	7
	EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	2	9	10
	ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	2	8	6
	FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	2	9	10
	ESCOPO DAS ATIVIDADES	5	7	8
	LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	2	8	8
	PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	2	7	9
	COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	2	8	9
	CONFLITOS	6	8	7
	FLUXO DE TRABALHO	2	9	9
	LAYOUT DE CANTEIRO	2	3	9
	TRANSPORTE DE MATERIAIS	2	7	7
	USO DE EQUIPAMENTOS	2	9	10
	PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	2	8	10
	MÉTODOS CONSTRUTIVOS	2	7	10
	CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	1	8	10
	RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	1	8	8
CLAREZA DE PROJETO	2	5	8	
BUROCRACIA	6	6	3	
FEEDBACK PÓS-OBRA	8	2	9	
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	2	7	9	
LUCRO FINAL DO PROJETO	2	6	2	

		ESPECIALISTA 7	ESPECIALISTA 8	ESPECIALISTA 9
Experiência como Gerente de Projeto		Mais de 10 anos	Mais de 10 anos	Entre 5 e 10 anos
Concordância com a Segunda Etapa		Sim	Sim	Sim
PARÂMETROS	MOTIVAÇÃO	9	10	10
	INSATISFAÇÃO	9	9	7
	PERSONALIDADE	7	9	7
	ABSENTEÍSMO	8	4	8
	FADIGA FÍSICA	7	5	2
	ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	3	4	9
	CONFORTO	9	8	10
	CLIMA	5	4	6
	FORMAÇÃO DE EQUIPES	9	5	10
	REMUNERAÇÃO	5	6	7
	TURNOS DE TRABALHO	8	1	1
	ALOJAMENTOS	0	1	1
	SEGURANÇA DO TRABALHO	10	10	10
	TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	10	10	10
	MÃO DE OBRA IMIGRANTE	0	1	5
	CURVA DE APRENDIZADO	9	9	10
	EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	8	10	8
	ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	9	10	10
	FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	9	7	10
	ESCOPO DAS ATIVIDADES	9	10	7
	LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	9	9	10
	PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	9	7	10
	COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	9	9	10
	CONFLITOS	9	9	10
	FLUXO DE TRABALHO	9	10	10
	LAYOUT DE CANTEIRO	9	9	10
	TRANSPORTE DE MATERIAIS	9	9	10
	USO DE EQUIPAMENTOS	9	8	10
	PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	9	1	1
	MÉTODOS CONSTRUTIVOS	9	1	5
	CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	9	9	10
	RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	9	10	10
CLAREZA DE PROJETO	5	1	5	
BUROCRACIA	1	1	1	
FEEDBACK PÓS-OBRA	9	8	10	
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	9	9	0	
LUCRO FINAL DO PROJETO	1	1	7	

	ESPECIALISTA 10	ESPECIALISTA 11	ESPECIALISTA 12
Experiência como Gerente de Projeto	Mais de 10 anos	Mais de 10 anos	Menos de 5 anos
Concordância com a Segunda Etapa	Sim	Sim	Sim
MOTIVAÇÃO	10	8	8
INSATISFAÇÃO	10	8	7
PERSONALIDADE	7	8	10
ABSENTEÍSMO	7	3	8
FADIGA FÍSICA	8	5	6
ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	10	10	2
CONFORTO	10	8	8
CLIMA	10	5	8
FORMAÇÃO DE EQUIPES	10	5	9
REMUNERAÇÃO	9	5	10
TURNOS DE TRABALHO	10	1	9
ALOJAMENTOS	8	1	1
SEGURANÇA DO TRABALHO	9	10	8
TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	10	9	8
MÃO DE OBRA IMIGRANTE	9	1	1
CURVA DE APRENDIZADO	10	8	7
EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	10	8	9
ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	10	9	8
FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	10	10	10
ESCOPO DAS ATIVIDADES	10	8	8
LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	10	8	3
PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	10	10	9
COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	10	7	8
CONFLITOS	10	6	8
FLUXO DE TRABALHO	10	8	8
LAYOUT DE CANTEIRO	10	8	2
TRANSPORTE DE MATERIAIS	10	10	7
USO DE EQUIPAMENTOS	10	8	7
PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	7	5	6
MÉTODOS CONSTRUTIVOS	10	8	6
CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	10	8	5
RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	10	9	5
CLAREZA DE PROJETO	10	9	9
BUROCRACIA	10	3	10
FEEDBACK PÓS-OBRA	10	10	10
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	7	2	9
LUCRO FINAL DO PROJETO	7	5	9

PARÂMETROS

	ESPECIALISTA 13	ESPECIALISTA 14	ESPECIALISTA 15
Experiência como Gerente de Projeto	Menos de 5 anos	Menos de 5 anos	Menos de 5 anos
Concordância com a Segunda Etapa	Sim	Sim	Sim
MOTIVAÇÃO	9	10	10
INSATISFAÇÃO	9	8	1
PERSONALIDADE	10	10	10
ABSENTEÍSMO	7	7	4
FADIGA FÍSICA	8	10	3
ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	5	6	1
CONFORTO	6	6	2
CLIMA	10	5	7
FORMAÇÃO DE EQUIPES	7	3	3
REMUNERAÇÃO	5	8	8
TURNOS DE TRABALHO	4	3	1
ALOJAMENTOS	1	2	10
SEGURANÇA DO TRABALHO	8	5	10
TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	7	2	7
MÃO DE OBRA IMIGRANTE	1	1	1
CURVA DE APRENDIZADO	3	5	4
EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	5	4	10
ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	7	8	10
FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	4	3	10
ESCOPO DAS ATIVIDADES	8	6	10
LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	4	6	7
PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	7	5	10
COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	5	8	2
CONFLITOS	8	6	8
FLUXO DE TRABALHO	10	5	10
LAYOUT DE CANTEIRO	7	5	6
TRANSPORTE DE MATERIAIS	9	3	10
USO DE EQUIPAMENTOS	10	4	10
PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	9	6	10
MÉTODOS CONSTRUTIVOS	8	6	10
CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	7	8	10
RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	7	8	10
CLAREZA DE PROJETO	10	8	7
BUROCRACIA	10	10	10
FEEDBACK PÓS-OBRA	9	5	1
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	8	10	0
LUCRO FINAL DO PROJETO	10	10	1

PARÂMETROS

	ESPECIALISTA 16	ESPECIALISTA 17	ESPECIALISTA 18
Experiência como Gerente de Projeto	Mais de 10 anos	Menos de 5 anos	Menos de 5 anos
Concordância com a Segunda Etapa	Sim	Sim	Sim
MOTIVAÇÃO	9	9	9
INSATISFAÇÃO	9	7	8
PERSONALIDADE	6	8	8
ABSENTEÍSMO	9	2	4
FADIGA FÍSICA	9	4	8
ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	9	7	8
CONFORTO	9	8	6
CLIMA	7	3	5
FORMAÇÃO DE EQUIPES	7	5	8
REMUNERAÇÃO	10	7	7
TURNOS DE TRABALHO	7	8	8
ALOJAMENTOS	8	1	5
SEGURANÇA DO TRABALHO	9	9	9
TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	6	8	6
MÃO DE OBRA IMIGRANTE	1	1	1
CURVA DE APRENDIZADO	9	8	8
EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	9	8	9
ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	9	9	7
FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	9	9	4
ESCOPO DAS ATIVIDADES	8	9	7
LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	8	2	5
PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	8	9	5
COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	7	8	7
CONFLITOS	8	10	8
FLUXO DE TRABALHO	8	6	7
LAYOUT DE CANTEIRO	8	9	4
TRANSPORTE DE MATERIAIS	9	9	7
USO DE EQUIPAMENTOS	8	9	7
PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	9	1	1
MÉTODOS CONSTRUTIVOS	9	1	1
CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	9	8	3
RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	9	3	5
CLAREZA DE PROJETO	9	2	8
BUROCRACIA	6	5	4
FEEDBACK PÓS-OBRA	7	8	3
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	8	10	1
LUCRO FINAL DO PROJETO	8	5	1

PARÂMETROS

	ESPECIALISTA 19	ESPECIALISTA 20
Experiência como Gerente de Projeto	Menos de 5 anos	Entre 5 e 10 anos
Concordância com a Segunda Etapa	Sim	Sim
MOTIVAÇÃO	10	8
INSATISFAÇÃO	10	9
PERSONALIDADE	10	10
ABSENTEÍSMO	4	7
FADIGA FÍSICA	2	6
ERGONOMIA E SAÚDE DO TRABALHO	2	3
CONFORTO	3	6
CLIMA	1	8
FORMAÇÃO DE EQUIPES	1	2
REMUNERAÇÃO	10	4
TURNOS DE TRABALHO	1	1
ALOJAMENTOS	1	6
SEGURANÇA DO TRABALHO	1	9
TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA	5	5
MÃO DE OBRA IMIGRANTE	1	1
CURVA DE APRENDIZADO	10	7
EXPERIÊNCIA DA MÃO-DE-OBRA	7	10
ALOCAÇÃO DE RECURSOS, BUFFERTS E PARALELISMO	7	8
FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	9	10
ESCOPO DAS ATIVIDADES	9	6
LINHA DE BASE DA PRODUTIVIDADE	2	2
PLANEJAMENTO PRÉVIO E GERENCIAMENTO EFICIENTE	8	2
COMUNICAÇÃO DAS EQUIPES	8	7
CONFLITOS	6	6
FLUXO DE TRABALHO	4	10
LAYOUT DE CANTEIRO	7	10
TRANSPORTE DE MATERIAIS	4	10
USO DE EQUIPAMENTOS	6	8
PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	7	7
MÉTODOS CONSTRUTIVOS	2	8
CONSTRUTIBILIDADE E TRABALHABILIDADE	7	8
RACIONALIZAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	8	8
CLAREZA DE PROJETO	10	10
BUROCRACIA	9	3
FEEDBACK PÓS-OBRA	2	7
MERCADO E CONTEXTO DA OBRA	9	10
LUCRO FINAL DO PROJETO	3	6

PARÂMETROS

APÊNDICE E – MENSAGEM INICIAL E CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO (2ª ETAPA) AOS GERENTES DE PROJETO

Bom dia, Sr. (Nome do Especialista). Você preencheu o formulário "Parâmetros que influenciam a Produtividade" e concordou com a 2ª etapa. Por favor, acesse o link para dar continuidade à pesquisa. E muito obrigada desde já pela sua contribuição.

PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE - 2ª etapa

Obrigada por responder ao nosso questionário "Parâmetros que influenciam a produtividade". Se você está recebendo esse link, você concordou em responder à segunda etapa.

A seguir, você pode verificar, esquematicamente, suas respostas e os resultados que o modelo retornou para cada categoria. Os valores estão numa escala de 0 a 1.

Lembre-se que o modelo analisa influências POSITIVAS e NEGATIVAS, portanto, se você colocou valores altos para parâmetros negativos, e/ou valores baixos para parâmetros positivos, os resultados refletem isso.

Com base nos resultados obtidos, por favor, responda as seguintes perguntas. **ESSA ETAPA LEVA MUITO MENOS TEMPO.**

E obrigada pela sua paciência!

Atenciosamente,

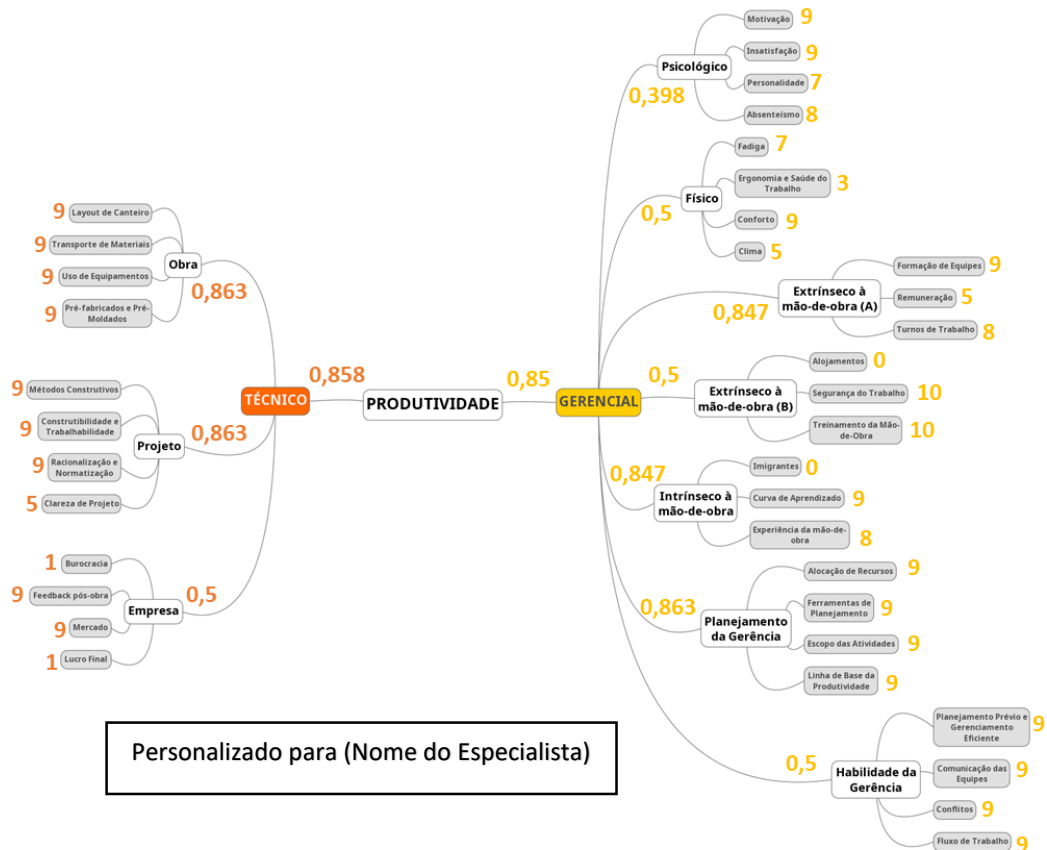
Lissa Gomes

Prof. Michele Carvalho

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO (2ª ETAPA) ENVIADO AOS GERENTES DE PROJETO

PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE - 2ª etapa

RESULTADOS DO MODELO DE INFLUÊNCIA DA PRODUTIVIDADE



Você concorda com os valores retornados pelo modelo de produtividade? * Obrigatório

- Sim
- Parcialmente
- Não

Se marcou "Parcialmente" ou "Não", por favor, nos explique.

Sua resposta

Você acredita que faltou algum parâmetro no modelo?

Sua resposta