

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE FATORES DE
PRODUTIVIDADE NO AUMENTO DO CUSTO E DO PRAZO
EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

EDUARDO LAVOCAT GALVÃO DE ALMEIDA

**ORIENTADOR: DSC. MICHELE TEREZA MARQUES DE
CARVALHO**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA / DF - DEZEMBRO / 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE FATORES DE
PRODUTIVIDADE NO AUMENTO DO CUSTO E DO PRAZO
EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

EDUARDO LAVOCAT GALVÃO DE ALMEIDA

PROJETO FINAL 2 SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO REQUISITO PARCIAL NECESSÁRIO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**Profª. Michele Tereza Marques Carvalho
(Orientador)**

**Prof. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira
(Examinador)**

**Doutor Abdala Carim Nabut Neto
(Examinador)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 4 DE DEZEMBRO DE 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

ALMEIDA, EDUARDO LAVOCAT GALVÃO DE

Estudo da Influência de fatores de produtividade no aumento do custo e do prazo em obras de construção civil. [Distrito Federal] 2015.

x, 78 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2015)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | | |
|------------------|------------------|--------------------------|
| 1. Custo e prazo | 2. Produtividade | 3. Fatores de influência |
| 4. RII | 5. PLS-SEM | |
| I. ENC/FT/UnB | | |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, E. L. G. (2015). Estudo da Influência de fatores de produtividade no aumento do custo e do prazo em obras de construção civil. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Eduardo Lavocat Galvão de Almeida

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo da Influência de fatores de produtividade no aumento do custo e do prazo em obras de construção civil.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2015

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Eduardo Lavocat Galvão de Almeida

SHIS QL 24 Conjunto 7 Casa 1 – Lago Sul

71665-075 – Brasília/DF - Brasil

RESUMO

A indústria da construção civil é, e sempre foi um dos principais setores produtivos da economia brasileira. Ocupando papel de destaque no desenvolvimento do país, almeja, diuturnamente, melhorar sua capacidade produtiva, com o intuito de alcançar maior eficiência para produzir mais e melhor, utilizando menos recursos. Para que isso aconteça, faz-se essencial o entendimento dos problemas que afetam diretamente nos resultados do setor e que, por conseguinte, impedem ou freiam a evolução esperada para a indústria. Tendo isso em mente, propõe-se neste trabalho o estudo dos fenômenos de aumento de prazo e aumento de custo de obras de construção civil, dois dos principais problemas da indústria. Sendo mais específico, estuda-se as relações entre os fatores de produtividade e os dois fenômenos, com o objetivo de se traçar um perfil do setor quanto à influência destes fatores no custo e no prazo. Por meio de um banco de dados criado por Feitoza (2014) e pela utilização do método de índice de importância relativa (RII), determinou-se que os 3 principais fatores de influência no aumento do custo são: 1) baixa produtividade da mão de obra; 2) retrabalho decorrente da má execução dos serviços; 3) Falhas de concepção do projeto básico. Já para o caso do aumento do prazo foram encontrados os seguintes fatores: 1) retrabalho; 2) baixa produtividade da mão de obra; 3) escassez de mão de obra qualificada. Em resumo, os resultados indicaram os fatores ligados à mão de obra como os principais influenciadores no aumento do custo e do prazo, seguidos pelos fatores ligados a projetos. Resultado semelhante foi obtido pela modelagem do fenômeno de aumento de prazo pelo método de equações estruturantes por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM). Concluiu-se que, em modelo com estrutura proposta pelo autor, os fatores que mais se relacionam com o aumento do prazo são os ligados a mão de obra e a projetos.

Palavras chave: Custo, prazo, produtividade, fatores de influência, RII, PLS-SEM.

SUMÁRIO

Capítulo	Página
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO	1
1.2. JUSTIFICATIVAS	3
1.3. OBJETIVO	3
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	4
1.5. DELIMITAÇÕES	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. PRODUTIVIDADE	6
2.1.1. CONCEITUAÇÃO	6
2.1.2. PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	7
2.1.3. GESTÃO DA PRODUTIVIDADE	12
2.2. PRODUTIVIDADE, CUSTO E PRAZO	14
2.2.1. FATORES QUE AFETAM NO AUMENTO DE CUSTO DE OBRAS	14
2.2.2. FATORES QUE AFETAM NO AUMENTO DE PRAZO DE OBRAS	16
2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
3. MÉTODO DE PESQUISA	20
3.1. QUESTIONÁRIO	20
3.2. ETAPA 1	21
3.3. ETAPA 2	25
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
4.1. ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA	32

4.1.1. AUMENTO DO CUSTO	32
4.1.2. AUMENTO DO PRAZO	35
4.1.3. ANÁLISE DE RESULTADOS POR CARGOS	40
4.2. MODELAGEM POR PLS-SEM	45
4.2.1. MODELO COM ESTRUTURA PROPOSTA POR FEITOZA (2014)	45
4.2.2. MODELO COM ESTRUTURA PROPOSTA PELO AUTOR	52
5. CONCLUSÃO	61
5.1. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO A	71

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 - Nível de atividade efetiva da construção civil em relação ao usual	2
3.1 - Exemplo de estrutura de modelo	26
3.2 - Avaliação individual de confiabilidade de cada item	28
3.3 - Consistência interna da variável exógena	28
3.4 - Validade de discriminação	29
3.5 - Relacionamento estrutural avaliado por R^2 e β	30
4.1 - Estrutura de modelo I proposta por FEITOZA (2014)	45
4.2 - Estrutura de modelo II	47
4.3 - Estrutura de modelo III	49
4.4 - Modelo III com suas relações estruturais	51
4.5 - Estrutura do modelo A proposta pelo autor	53
4.6 - Estrutura do modelo B	55
4.7 - Estrutura do modelo C	57
4.8 - Modelo C com relações estruturais	59

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
2.1 - Fatores que mais afetam a produtividade no Kuwait, Egito e Chile	11
2.2 - Causas de atraso em obras de construção pelo mundo	17
3.1 - Fatores que influenciam no aumento dos custos dos empreendimentos	22
3.2 - Fatores que influenciam para o aumento do prazo de execução da obra	23
4.1 - Índice de importância relativa e ranking de importância dos fatores de influência no aumento do custo	33
4.2 - Índice de importância relativa e ranking de importância dos fatores de influência no aumento do prazo	36
4.3 - Fatores mais influentes no aumento de custo por cargos dos entrevistados	40
4.4 - Fatores mais influentes no aumento do prazo por cargos dos entrevistados	41
4.5 - Coeficientes de correlação de postos de Spearman por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do custo	42
4.6 - Coeficientes de correlação de Pearson por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do custo	42
4.7 - Valores-P de significância dos coeficientes de correlação de Spearman e de Pearson com relação aos fatores de influência no aumento do custo	43
4.8 - Coeficientes de correlação de postos de Spearman por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do prazo	43
4.9 - Coeficientes de correlação de Pearson por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do prazo	44

4.10 - Valores-P de significância dos coeficientes de correlação de Spearman e de Pearson com relação aos fatores de influência no aumento do prazo	44
4.11 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo I	46
4.12 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo II	48
4.13 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo II	48
4.14 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo III	50
4.15 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo III	50
4.16 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo A	54
4.17 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo B	56
4.18 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo B	56
4.19 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo C	58
4.20 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo C	58

LISTA DE SIGLAS

AVE – *Average Variance Extracted*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CR – *Composite Reliability Score*

GoF – *Goodness of Fit Index*

ISO – *International Organization for Standardization*

OEEC – *Organization for European Economic Co-operation*

PBQP-H – Programa Brasileiro a Qualidade e Produtividade do Habitat

PFP – Produtividade de Fator Parcial

PFT – Produtividade de Fator Total

PLS – *Partial Least Square*

R^2 – Correlação quadrática

β – *Path Co-efficient*

1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo deste trabalho destina-se a introduzir o tema que será abordado nos capítulos subsequentes e a contextualizar o porquê de se estudar a produtividade e suas relações com o custo e com o prazo de obras de construção civil. Também são explicitadas as razões pelas quais se decidiu pela produção da presente publicação acadêmica e os objetivos que com ela se busca alcançar.

1.1. CONTEXTO

Não é de hoje que a construção civil é um dos mais importantes setores da economia brasileira. Historicamente, esta indústria aparece com papel de relevância e protagonismo na produção de bens e postos de trabalho.

Dados mostram que, em 2014, 6,5% do valor adicionado bruto nacional foi proveniente da participação do setor e, aproximadamente, 7% da população ocupada do país labutavam em atividades vinculadas a esse setor (CBIC, 2015). Esses números confirmam a importância da construção civil para a economia e para a sociedade brasileira como um todo.

Em decorrência dessa relevância, há o constante interesse do setor de alcançar a maior eficiência e a maior produtividade possíveis. Daí a busca incessante por novas técnicas construtivas, novas tecnologias digitais e novos equipamentos, entre outros, que impactem, positivamente, os projetos e/ou a construção de novos empreendimentos.

Não obstante, estudos de como e de quanto será o impacto decorrente da introdução de cada “novidade” no setor produtivo devem ser feitos, previamente, para se mensurar a necessidade, a viabilidade e a aplicabilidade da mudança na forma de atuar da empresa.

Todo esse esforço tem por objetivo primordial produzir mais e melhor, utilizando menos recursos naturais, humano e financeiro. Em outras palavras, busca-se a melhoria na produtividade das obras de construção civil.

Empresarialmente falando, a melhoria da performance da produtividade deve ser um objetivo sempre almejado por aqueles que pretendem “sobreviver” no tão competitivo mercado da construção civil (Park et al., 2005). Tendo o Brasil como palco dessa competitividade, a situação agrava-se, dada a atual crise econômica e financeira.

A Figura 1.1 ilustra o nível de atividade da construção civil em relação ao usual entre os anos de 2011 e 2015. Valores acima de 50 indicam nível de atividade efetiva acima da usual para o mês e o contrário vale para valores menores que 50.

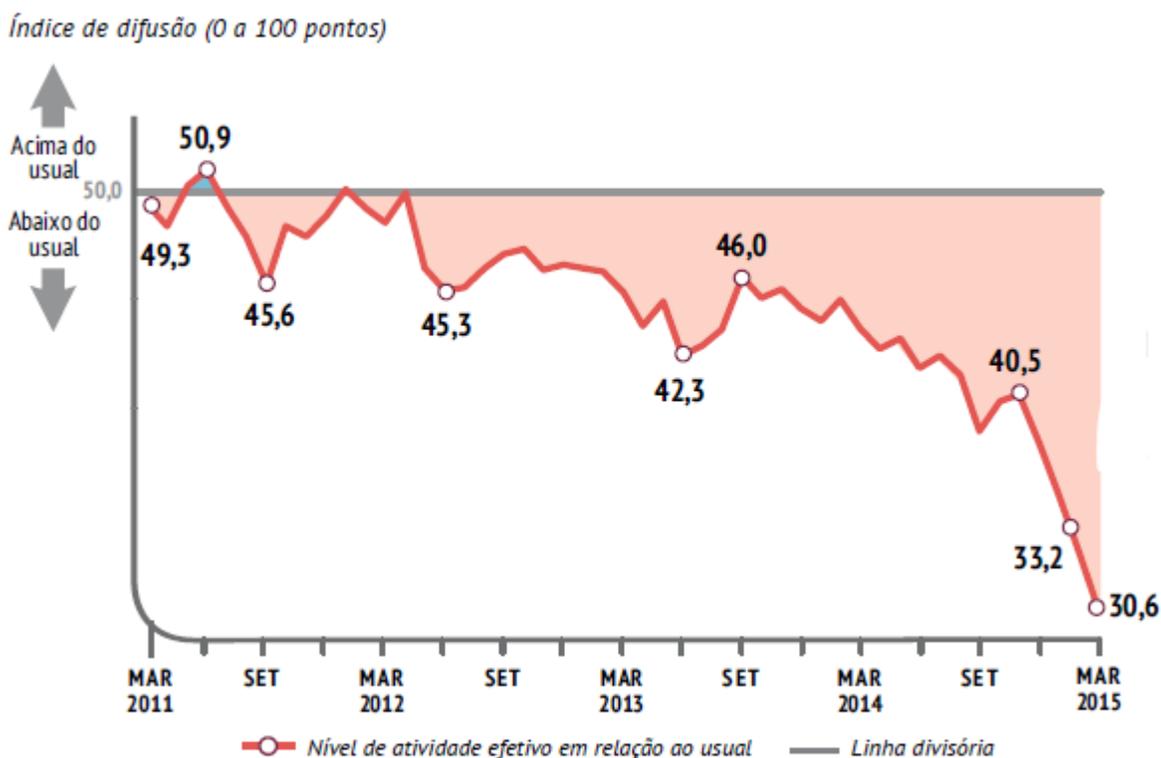


Figura 1.1 - Nível de atividade efetiva da construção civil em relação ao usual. Fonte: CBIC (2015)

Observa-se que a atividade efetiva vem caindo fortemente desde 2012 e que no início de 2015 chegou-se ao ponto mais distante da reta do usual. Essa realidade atesta o período crítico vivido pelo setor.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Considerando a importância que tem a produtividade, e todos os aspectos que permeiam este conceito, para a construção civil e a atual situação econômica do país, um estudo que relacione os dois temas (produtividade x crise) atrai o interesse de todos aqueles envolvidos nesta fatia da economia.

Dentro desse contexto, necessária e importante também se faz, inicialmente, uma abordagem sobre os problemas gerenciais recorrentes na indústria da construção civil e suas consequências para a produtividade final dos processos. Dentre esses problemas, destaca-se, para o presente estudo, o aumento do custo e do prazo de uma obra.

Rosenfeld (2013) ressalta a importância do custo e do prazo para o sucesso de um projeto. Os dois tópicos são considerados pilares fundamentais para o alcance de um bom resultado geral em uma construção.

Não por outra razão, a literatura internacional já há muito se preocupa com o assunto. Não obstante, poucas são as publicações nacionais versando sobre a relação produtividade x custo/prazo, o que deixa o presente trabalho com enfoque interessante.

O estudo das formas de funcionamento do setor da construção civil no Brasil e suas implicações, incluindo aí os problemas que são por ela hoje enfrentados em decorrência da crise econômica, ampliará, principalmente para a área acadêmica, a possibilidade de se buscar novas alternativas para o setor.

1.3. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo traçar um perfil de como a produtividade e os fatores a ela ligados influenciam nos problemas de aumento de custo e de prazo

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever como e quanto a produtividade relaciona-se com a indústria da construção civil, seja quando da execução de projetos ou da prestação de serviços.

- Identificar quais os fatores que mais afetam o aparecimento e a intensificação dos problemas de atraso e de aumento do custo em obras de construção.
- Avaliar como a realidade brasileira interage com a realidade de outros países em relação aos aspectos da influência do custo e do prazo.
- Estudar a relação entre a visão categorizada dos profissionais da construção civil e a importância dos fatores de produtividade que influenciam no aumento de custo e de prazo.
- Desenvolver e apresentar um modelo de influência de fatores no aumento do prazo de construções.
- Avaliar a confiabilidade e aplicabilidade do modelo criado.

1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está dividido nas seguintes etapas:

- No primeiro capítulo, são apresentadas as justificativas, os objetivos, a estruturação e as delimitações do trabalho.
- No segundo capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas produtividade, fatores de produtividade e as relações entre os fatores de produtividade e aumento do custo e do prazo de obras de construção.
- No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia utilizada para o tratamento dos dados. Apresenta-se as duas abordagens de processamento de dados em duas etapas, a primeira sendo relativa ao método do índice de importância relativa e a segunda relativa ao método de modelagem por equações estruturantes.
- No quarto capítulo, são feitas a apresentação e a análise dos resultados obtidos pelo tratamento dos dados conforme indicação do capítulo de métodos anterior.
- No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para futuras pesquisas.

1.5. DELIMITAÇÕES

Sobre o presente trabalho, deve-se observar as seguintes delimitações:

- Todos os dados utilizados foram obtidos por meio da aplicação de questionário criado e executado por Feitoza (2014).
- É proposto pelo autor tratar e analisar os dados de uma maneira alternativa à realizado por Feitoza (2014), com o intuito de explorar mais a fundo as relações entre fatores de produtividade e os fenômenos de aumento de custo e do prazo.
- Não está no escopo do projeto qualquer modificação nos dados obtidos por Feitoza (2014).

Com essas considerações em vista, prossegue-se para o segundo capítulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é conceituar Produtividade, mostrar como este termo é utilizado na construção civil e, ainda, verificar como é feita a sua gestão e o seu controle pelas empresas da construção civil.

Em seguida, será feita uma revisão da literatura para analisar a influência de fatores sobre o custo e o prazo de uma obra.

Dentro de cada um desses tópicos, busca-se abordar a importância da produtividade e de sistemas de gestão no controle do custo e do prazo no contexto da construção civil.

2.1. PRODUTIVIDADE

O conceito de produtividade e suas aplicabilidades são, para qualquer atividade econômica, de vital importância no controle, no gerenciamento e na eficiência dos processos, das operações, dos serviços, etc.

Neste tópico, são demonstrados: o conceito, as formas básicas de utilização, as aplicações e os sistemas de gestão da produtividade no setor da construção civil.

2.1.1. CONCEITUAÇÃO

O Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa (2015) define o termo produtividade como:

“Qualidade ou estado produtivo; faculdade de produzir; rendimento de uma atividade econômica em função do tempo, área, capital, pessoal e outros fatores de produção. ”

Nessa definição nota-se que diferentes componentes permeiam o conceito:

- a) Qualidade ou estado produtivo como a possibilidade de produzir;
- b) Faculdade de produzir sendo o desejo de produzir;
- c) Rendimento de uma atividade econômica em função de diversos fatores, relacionando-se com a ideia de razão entre *output* e *input*;

Esses componentes foram sendo, cronologicamente, adicionados à ideia de produtividade. Assim, em 1766, Quesnay usou o termo pela primeira vez na bibliografia, como capacidade produtiva, sentido indicado na alínea “a” acima (Manesh et al., 2014). Um século depois, em 1883, Littré conceituou produtividade com as mesmas palavras da segunda definição do dicionário (El-Gohary e Aziz, 2013). E, em 1950, a OEEC (Organização para Cooperação Econômica Europeia) introduziu a definição formal do termo como o “*quociente obtido pela divisão do resultado de um processo por um de seus fatores de produção*” (Sumanth, 1984), conceito equivalente ao descrito na alínea “c”.

A partir do novo modo de ver a produtividade, introduzido depois da metade do século XX, novos conceitos e novas formas de medi-la surgiram, moldados pelos objetivos da medição e pela disponibilidade dos dados (JARKAS e BITAR, 2012).

Assim é que, em 1986, Thomas e Mathews (1986) escreveram que, apesar dos inúmeros estudos sobre produtividade produzidos ao longo dos anos, nenhuma definição do termo tornou-se dominante na literatura científica.

Mais recentemente, Yi e Chan (2014) afirmaram que a grande maioria dos economistas concordam sobre a importância que tem a produtividade para as empresas, as indústrias ou para a economia em si, mas que não há unanimidade quanto à definição precisa e atual do termo ou sobre qual, dentre as numerosas formas de medi-la, a mais indicada para cada tipo de situação.

O que se infere dessas afirmações é que, devido às incontáveis possibilidades e maneiras encontradas para se medir e se definir produtividade, muito difícil tornou-se, até hoje, a normatização do que é e de como se aplicar esse conceito.

Todavia, apesar da inexistência de uma definição única, atualmente há uma tendência de se descrever a produtividade como a razão ou o fator que mede a relação entre os recursos que entram em um determinado processo e os que dele saem.

2.1.2. PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil, a produtividade também é definida de várias formas.

Usualmente, a produtividade é entendida como a razão entre o serviço produzido e os recursos (tempo, mão-de-obra, materiais, etc.) utilizados para esta produção. Halligan et al. (1994) afirmam

que também é comum a utilização da forma inversa, ou seja, a razão entre a quantidade de recursos necessários para a produção de uma certa quantidade de serviço.

Observam-se abaixo as equações 2.1 e 2.2 descritas, utilizadas para a medição da produtividade:

$$Produtividade = \frac{Serviço Realizado}{Recursos Utilizados} \quad \text{Eq. 2.1}$$

$$Produtividade = \frac{Recursos Utilizados}{Serviço Realizado} \quad \text{Eq. 2.2}$$

A primeira razão resulta em uma produtividade com uma unidade genérica de quantidade de serviço realizado por unidade de recursos utilizados. A segunda equação apresenta a forma invertida: quantidade de recursos utilizados ou necessários por unidade de serviço realizado. Sendo a mais usual, a equação (1) será utilizada no presente estudo.

Observa-se que, na relação escolhida para este trabalho, os recursos utilizados para a produção de um serviço podem ser contabilizados de maneira completa ou por partes. Exemplificando, o serviço de elevação de alvenaria demanda os seguintes recursos: tempo, mão de obra, tijolos e massa. No cálculo da produtividade, pode-se querer utilizar o somatório de todos os recursos (tempo, mão de obra, tijolos e massa), somente alguns (i.e., tempo e mão de obra ou tijolos e massa) ou apenas um deles (i.e., tijolos).

Tendo isso em vista, Talhouni (1990) e Rakhra (1991) usaram duas medidas de produtividade na construção: 1. Produtividade de fator total (PFT), na qual o serviço realizado e todos os fatores são considerados; e 2. Produtividade de fator parcial (PFP), também conhecida como produtividade de fator único, quando o serviço realizado e um único fator ou alguns fatores selecionados são considerados para o cálculo (adaptado de YI e CHAN, 2014).

No caso da Produtividade de Fator Total, a união de todos os fatores pode resultar em uma junção de unidades que muitas vezes não fazem sentido juntas. É o caso do exemplo citado acima, da elevação da alvenaria, onde existem tipos diferentes de unidades: [horas], [tipo de mão-de-obra]¹

¹ Pedreiro, ajudante, etc.

e [quantidade de cada tipo]², [unidades de tijolo] e [m³ de massa]. Jarkas e Bitar (2012) identificam este problema e sugerem a utilização de uma única unidade que seja a unidade padrão para os fatores e para o serviço realizado. Thomas et al. (1990) sugerem como padrão, uma unidade monetária. Abaixo é mostrada a equação 2.3 genérica para produtividade de fator total e uma sugestão de unidade monetária.

$$\textit{Produtividade de fator total} = \frac{\textit{Serviço Realizado}}{\sum \textit{Fatores Utilizados}} = \frac{\$ \textit{em Serviço}}{\$ \textit{em Fatores}} \quad \text{Eq. 2.3}$$

Já para a Produtividade de Fator Parcial ou Fator Único pode-se encontrar os exemplos mais comuns da construção civil: a) produtividade de serviços realizados por hora (equação 2.4); b) produtividade de serviços realizados por equipe de mão-de-obra por hora; c) produtividade de serviços realizados por milheiro de tijolos (equação 2.5); d) produtividade de serviços realizados por m³ de massa.

$$\textit{Produtividade de elevação de alvenaria} = \frac{\textit{m}^2 \textit{ de alvenaria}}{\textit{horas de serviço}} \quad \text{Eq. 2.4}$$

$$\textit{Produtividade de elevação de alvenaria} = \frac{\textit{m}^2 \textit{ de alvenaria}}{\textit{milheiros de tijolo}} \quad \text{Eq. 2.5}$$

Comparando as duas maneiras de se medir a produtividade de um serviço, verificam-se grandes desvantagens na utilização da PFT. Começando pela complexidade dos processos de produção e das características de cada obra do setor da construção civil. Por necessitar de um somatório bem definido dos fatores envolvidos na produção de um serviço, El-Gohary e Aziz (2013) afirmam que o cálculo é muitas vezes impraticável, uma vez que o nível de precisão adequado é inalcançável.

Olhando pelo paradigma da PFP, Jarkas e Bitar (2012) afirmam que são muitas as vantagens desta fórmula. Por focar em um ou alguns fatores selecionados por vez, o processo de medida é mais

² 1 pedreiro, 2 pedreiros e 1 ajudante, etc.

fácil e controlável. Como resultado, números mais confiáveis podem ser obtidos e processos complexos podem ser desmembrados em medições de menor dificuldade.

Os índices de produtividade levantados em uma obra, sejam eles medidos por PFP ou PFT, são informações importantes para o acompanhamento dos processos de produção da construção. Estes índices dão aos administradores, engenheiros e gerentes uma “fotografia” da produção de cada atividade. Apesar de serem fonte de informação importante, estes índices devem ser utilizados com cautela, principalmente quando comparados com índices de outras construções.

Isso porque, o índice de produtividade da elevação de alvenaria de uma obra executada em Brasília não deve ser comparado com o mesmo índice de alguma obra de outra localidade. Cada obra de construção civil tem particularidades que, muitas vezes, não podem ser medidas, mas que influenciam na sua produtividade.

Horner e Talhouni (1998) exemplificam a situação ao comparar a construção de edificações de escritórios comerciais no Cairo e em Londres, usando como indicador a metragem quadrada construída por semana. Mesmo sendo o mesmo tipo de obra e o mesmo indicador, não são levadas em consideração as especificações da qualidade, do design, das normas locais, da tecnologia utilizada, entre outras. Portanto, não é aconselhável que tal comparação seja feita.

Um dos fatores que mais dificultam a comparação da produtividade entre empreendimentos de construção é a construtibilidade de cada projeto. Esta é definida, em linhas gerais, como o indicador da facilidade de se construir e está diretamente relacionada com a produtividade de uma obra. Projetos que possuem, em sua essência, uma construtibilidade alta favorecem uma produtividade alta e muitas vezes uma diminuição no custo de construção.

Como a construtibilidade é um conceito sem um padrão de mensuração, é difícil criar uma forma de medir diretamente o quanto esse indicador afeta na produtividade. Tendo isso em vista, Jarkas (2012-2) utilizou os fatores trabalhabilidade do concreto, concentração de armadura e volume e altura de concretagens acima do nível térreo para serem indicadores mensuráveis da construtibilidade, influenciando a produtividade da mão-de-obra envolvida nas concretagens.

Em outro artigo, Jarkas (2012-1) faz o estudo da influência da construtibilidade na produtividade da mão-de-obra de instalação de armaduras de aço em paredes de concreto (i.e., paredes de contenção). Para isso, o autor utiliza os seguintes fatores para construir a ideia de construtibilidade:

diâmetro da barra, quantidade de armadura, espessura da parede, geometria plana (i.e., retas ou curvas) e raios de curvatura (quando fosse o caso).

Nos exemplos, é feita a utilização de diferentes fatores que indiretamente representam a facilidade ou a dificuldade de se construir cada tipo de elemento ou de se praticar cada tipo de serviço. Dessa forma, a construtibilidade de uma obra está relacionada, não apenas a alguns, mas com todos os fatores que, somados, criam um conjunto de atividades que facilita ou não a sua construção. Tendo isso em mente, a produtividade de um empreendimento é influenciada de diversas formas pela construtibilidade.

Como se pode ver, muitos são os fatores que podem influenciar a produtividade das atividades da construção civil e, muitas vezes, de formas diferentes, dependendo do local onde estão situadas. Vários são os estudos sobre os possíveis fatores e importância deles no índice de produtividade da mão-de-obra, este considerado o mais importante por muitos estudiosos. Rivas et al. (2010), Jarkas e Bitar (2012), El-Gohary e Aziz (2013) dão exemplos de recentes estudos sobre fatores que influenciam a produtividade da mão-de-obra. Na Tabela 2.1, podem-se observar os resultados dos respectivos trabalhos, da esquerda para a direita.

Tabela 2.1 - Cinco fatores que mais afetam a produtividade no Kuwait, Egito e Chile

	Fatores do Kuwait (Rivas et al., 2012)	Fatores do Egito (Jarkas e Bitar, 2012)	Fatores do Chile (El-Gohary e Aziz, 2013)
1	Especificações técnicas claras	Experiência e técnica da mão de obra	Entrega na data correta de materiais
2	Mudança de projetos durante a execução	Programas de incentivo	Retrabalho devido a mudanças de projeto
3	Nível de coordenação entre diferentes áreas	Disponibilidade de materiais e facilidade de manejo	Escassez de máquinas para movimentação de materiais
4	Falta de supervisão da mão-de-obra	Liderança e competência da gerência	Falta de equipamentos para todos os trabalhadores
5	Proporção do serviço terceirizado	Competência da equipe de supervisão	Interferência entre equipes de trabalho

É possível notar que cada um dos países apresenta diferentes fatores que influenciam mais fortemente a produtividade da mão-de-obra.

Esses estudos evidenciam o perfil único que cada mercado possui, decorrente das circunstâncias encontradas em cada região, e mostram o quanto é importante ter informações sobre quais fatores devem merecer atenção especial no dia-a-dia dos canteiros de obra. Tendo este conhecimento é possível investir em áreas críticas, específicas de cada mercado ou região, para que haja um aumento de produção.

2.1.3. GESTÃO DA PRODUTIVIDADE

Até este ponto falou-se sobre a conceituação, sobre as formas de se medir, sobre as dificuldades em se comparar e sobre os fatores que afetam a produtividade. Entretanto, pouco foi mencionado sobre como, na prática, é feita a medição e a gestão dos índices de produtividade e que tipos de sistema são utilizados para que se busque a melhoria dos resultados.

Como dito anteriormente, uma boa produtividade em um projeto é uma indicação de eficiência na produção. No canteiro de obras, na maioria dos casos, o indicador é extraído pelo serviço realizado no formato PFP, podendo ser de forma direta, isto é, indo a campo e realizando aferições do serviço realizado por tempo, ou indiretamente, retirando os dados de documentos que tenham a informação da quantidade de serviço pago para empreiteiras por mês, dependendo da obra.

Os índices levantados representam a produtividade de um serviço em um dado instante do tempo de construção. Com isso em mente, para que se entenda e se estude a variação da produtividade no tempo, fazem-se necessárias medições periódicas do índice de produtividade de serviços.

Seguindo essa linha, Liou e Borcharding (1986) deram um passo além e afirmaram que a medição da produtividade não deve ser feita de maneira pontual e sim em um contínuo processo de verificações e comparações entre os índices, para que se observe a melhoria ou a piora da produtividade. Sintetizaram, ainda, que a chave para o entendimento efetivo da produtividade está exatamente na avaliação periódica da sua performance.

Esse conjunto de verificações, comparações e ações decorrentes das medições pode ser denominado como gestão da produtividade. O processo de gerir a produtividade normalmente

implica na análise dos resultados das medições, na formulação de conclusões e na indicação de medidas a serem tomadas a partir de então.

A verdade é que a falta de estruturação e de padronização da gestão gera uma desorganização gerencial, dada a ausência de diretrizes e de objetivos claros a serem seguidos. Por isso, sistemas devem ser criados de forma a organizar as ações e a operação de atividades envolvidas.

Como já foi visto, a complexidade da construção civil dificulta a criação espontânea de um padrão da indústria. Empresas do setor, em grande parte, possuem diferentes tipos de sistemas de gestão de produtividade, havendo poucos sistemas padrões seguidos. Por outro lado, ainda assim, é possível ver um cerne que conduz a estruturação dos sistemas de gestão.

Guerra e Mitidieri (apud Feitoza, 2014) indicam os cinco elementos norteadores a serem seguidos como os principais pilares de um sistema de gestão de produtividade. São eles: 1) foco na redução de perdas, de tempo de ciclo e de atividades que não agregam valor; 2) objetivo de aumento do valor do produto e da eficiência dos processos; 3) controle e monitoramento das atividades críticas e daquelas com alto desperdício; 4) treinamento e competência da equipe; e 5) investimentos em novas tecnologias.

Souza e Abiko (1997) mostram que muitas vezes o sistema de gestão de produtividade está englobado pelo sistema de gestão da qualidade. Considera-se que a qualidade e a produtividade de um serviço ou de um projeto estão intimamente ligadas, sendo então avaliadas de forma conjunta.

No Brasil, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H, 2015) é um exemplo de programa institucional que fomenta a utilização de sistema de gestão para qualidade e produtividade. Seu objetivo é apoiar o esforço das empresas em si modernizarem, a partir da promoção da qualidade e produtividade, focando em aumentar a competitividade de bens e serviços produzidos.

Já o ISO 9001 (2015) é uma certificação que normatiza o sistema de gestão da qualidade das empresas. Este sistema certifica que determinada empresa segue as normas de padrão internacionais para sistemas de gestão de qualidade. Vários estudos na literatura afirmam que tal sistema gera um aumento na produtividade das obras, pois prevê maneiras de se otimizar processos, minimizar desperdícios, maximizar a produção, etc.

Conclui-se que a gestão da produtividade pode ser feita de várias maneiras, sendo que os objetivos principais permeiam todas elas. É pacífica a grande influência que a produtividade exerce sobre o planejamento, o orçamento e as tomadas de decisão e, por isso, tal discussão será melhor realizada no próximo capítulo.

2.2. PRODUTIVIDADE, CUSTO E PRAZO

Um projeto de construção civil é usualmente considerado um sucesso quando concluído dentro dos valores esperados de custo, dentro do prazo contratual e com os padrões de qualidade atendidos (Rosenfeld, 2013). Diante disso, é necessário dar importância aos seguintes fatores: custo, prazo e qualidade.

Neste tópico são estudados os fatores que acarretam o aumento do custo e o atraso dos prazos de obras de construção civil. É feita uma análise da importância desses problemas, suas causas e, mais especificamente, a influência da produtividade para a sua ocorrência.

2.2.1. FATORES QUE AFETAM NO AUMENTO DO CUSTO DAS OBRAS

O custo da construção civil é um dos principais e dos mais controlados fatores do setor. Sendo, em grande parte das vezes, considerada a variável de maior influência no sucesso de um projeto, seu custo final gera implicações para todos os *stakeholders* envolvidos, desde a empreiteira, que pode ver o lucro crescer ou diminuir, passando pela instituição que financiou o projeto, até o consumidor final, que investiu no empreendimento.

Devido à importância e à influência no sucesso final do projeto, compreendeu-se ser necessário o estudo sobre o custo.

Sabe-se que a construção civil atua sobre trilhos planejados e estudados para que o resultado final seja o mais positivo possível para as partes envolvidas. Para tanto, o ideal é que as estimativas iniciais do empreendimento coincidam com os valores finais, que a avaliação prévia da viabilidade financeira seja cumprida e que o resultado dê o retorno esperado.

No estudo do custo, portanto, deve-se focar, principalmente, na busca dos fatores que o influenciam, elevando-o.

Não obstante a importância que o custo exerce no sucesso dos empreendimentos e o cuidado que se tem para mantê-lo nos patamares inicialmente planejados, verifica-se, com frequência, a sua extrapolação. Indo mais além, Rosenfeld (2013) afirma que o problema do aumento de custos de obras já se tornou uma parte integral das obras ao redor do mundo. Para o autor, a questão já não é saber se haverá o extrapolamento do valor inicial, mas de quanto será o acréscimo.

Pesquisas que dão suporte a essa linha de pensamento são recorrentes. Flyvbjerg et al. (2003) estudaram 258 empreendimentos de 20 diferentes países onde apenas 10% não passaram por problemas de aumento de custo. Na Nigéria, Omoregie e Radford (2006) concluíram que, em média, os empreendimentos apresentavam 14% de acréscimo no valor final. Moura et al. (2007), na mesma linha de pesquisa, chegaram ao número de 12%, em Portugal.

Em decorrência de resultados como os acima referidos, fez-se necessário um estudo mais profundo sobre as razões desse fenômeno.

Os fatores que influenciam no aumento do custo são estudados por vários autores e apresentam uma boa forma de se criar um perfil de cada localidade avaliada.

Por exemplo, em um estudo publicado por Enshassi et al. (2009), foram listados os fatores que mais influenciam o aumento do custo final das obras na região da Faixa de Gaza. Entre eles, os 5 (cinco) mais importantes: o aumento do preço de materiais devido ao fechamento periódico da fronteira, os atrasos na construção, o suprimento de má qualidade de materiais e equipamentos por empreiteiras, a flutuação do preço de materiais e a flutuação do valor da moeda frente ao dólar. Nesse caso, é evidente que o setor sofre bastante com os conflitos presentes na região.

Da mesma forma, estudo feito na Nigéria, por Ameh et al. (2010), indicou a influência de 42 fatores sobre o custo, sendo os 5 (cinco) mais importantes a falta de experiência das empreiteiras, a flutuação do custo dos materiais, as frequentes mudanças de projeto, a instabilidade da economia, os juros altos cobrados pelos bancos em empréstimos e as formas de financiamento.

Outros estudos foram feitos de maneira parecida aos anteriores por Le-Hoai et al. (2008) no Vietnã; por Koushki et al. (2005) no Kuwait; por Hussin et al. (2013) na Malásia, entre outros.

Considerando agora a produtividade também como fator de influência, é possível encontrar pesquisas que confirmam a sua importância para o aumento do custo dos empreendimentos.

Rahman et al. (2013), por exemplo, estudaram fatores que influenciam a elevação do custo de obras na Malásia e concluíram ser a produtividade da mão-de-obra o décimo fator mais importante. Observaram, ainda, que, galga para segundo mais importante se considerados apenas os fatores relacionados à mão de obra.

Na literatura brasileira, por outro lado, pouco foi estudado sobre o tema até o momento. A mais recente publicação acadêmica envolvendo esta relação (aumento de custo x produtividade) foi feita por Feitoza (2014). Esta é, ao mesmo tempo, a mais recente e também a única encontrada depois de uma vasta pesquisa.

2.2.2. FATORES QUE AFETAM NO ATRASO DAS OBRAS

Passando à análise dos fatores que afetam o prazo das obras e as suas formas de influência, é interessante compreender, inicialmente, como os estudiosos entendem o tema e, também, o quão importante ele é para o setor da construção civil.

Zack (adaptado, 2003) definiu atraso como um ato ou um evento que estende o tempo requerido por contrato para produzir ou completar um serviço ou trabalho. No estudo de Assaf e Al-hejji (2006), atraso na construção civil é definido como o tempo adicional de trabalho após a data de conclusão do contrato ou após a data acordada pelas partes de entrega do projeto.

El-Razek et al. (2008) afirmam que são muitos os artigos que, de maneiras diversas, tratam das causas de atraso em obras de construção. A análise vai desde quais são as principais causas de atraso em diversos países e tipos de projeto, até os métodos de análise de atrasos, para se propor meios de se minimizar o fenômeno.

É consenso que o atraso em obras de construção é um problema global. Fazendo um pequeno levantamento na bibliografia, é possível encontrar números que corroboram com essa afirmação.

Em 2000, Al-Momani (2000) publicou o estudo onde, das 130 obras avaliadas por meio de questionário na Jordânia, 106 estavam atrasados. Frimpong et al. (2003) observaram em seu artigo que, 70% dos 47 empreendimentos que usou de amostra, em Gana, apresentavam atrasos.

Feitoza (2014) mostrou, por meio de pesquisa realizada na capital do Brasil, que 46% dos empreendimentos que responderam ao questionário admitiram estar atrás da programação.

Atrasos no cronograma de um projeto de construção podem trazer diversos tipos de problemas para as partes envolvidas. Mydin et al. (2014) listam os 5 mais relevantes, em ordem decrescente: aumento do custo da obra, conflitos de opiniões, renegociações, ações judiciais e abandono total do empreendimento.

Tendo em vista os problemas causados por atrasos na entrega dos empreendimentos, o setor tem interesse de encontrar maneiras de controlar e minimizar o fenômeno. Diversos são os estudos sobre as mais importantes causas de atraso em obras. Kazaz et al. (2012), por exemplo, apresentam estudo muito interessante sobre as causas de atraso em 16 diferentes países pelo mundo. Na Tabela 2.2 é possível ver o resultado desse estudo. Observa-se que problemas que envolvem a administração de obras são os mais comuns entre os países.

Tabela 2.2 - Causas de atraso em obras de construção pelo mundo

Causas (Kazaz et al., 2012)	# de países
Má gerência no canteiro	14
Problemas de estimativas	12
Problemas financeiros da empreiteira	11
Mudanças de design e material	11
Falta de estudos de viabilidade	10
Burocracia	9
Falta de mão-de-obra especializada	9

O resultado não é surpresa, pois é comum que erros cometidos no planejamento influenciem no prazo de obras, haja vista o seu fator macro, a nível de projeto. Isso significa que um erro na estimativa da duração de uma atividade crítica pode resultar em dias de atraso, ou que mudanças no projeto de uma edificação pode ocasionar uma alteração na logística dos materiais e da mão-de-obra.

- Produtividade como fator de atraso

Direcionando o estudo sobre as causas de atraso em obras, chega-se a mais um ponto de interesse do presente estudo. A produtividade dos serviços é um dos fatores que mais influenciam a postergação das datas de entrega dos empreendimentos.

Em estudo feito por El-Razek et al. (2008), constatou-se que a baixa produtividade da mão de obra e dos equipamentos aparecem entre as principais causas de atraso em obras no Egito. Os mesmos resultados são encontrados, de forma mais acentuada e expressiva, na publicação feita por Odeh e Battaineh (2002), onde a produtividade da mão de obra é tida como uma das 10 causas mais importantes de atraso na Jordânia.

Kazaz et al. (2012) explicam que um nível baixo de produtividade no âmbito de serviço ou de atividade pontual pode resultar não apenas em um atraso dessa atividade, mas também em um atraso geral do projeto, dependendo da importância e do quão crítico é o serviço. No mesmo artigo, o ranking de fatores é marcado pela presença, na quinta posição, da baixa produtividade da mão de obra, entre aqueles que mais influenciam no alargamento o cronograma inicial.

Outro fator que merece destaque é a baixa produtividade das máquinas e dos equipamentos. Em El-Razek et al. (2008) e também em Kazaz et al. (2012), o fator faz-se presente na lista de causas prováveis pelo atraso de obras. Esse evento pode ser explicado por estarem os maquinários e os equipamentos diretamente ligados à otimização de serviços, ao transporte de materiais pesados em longas distâncias, assim como à terraplanagem. Na eventual quebra, ausência, mal -funcionamento desses equipamentos, uma série atividades podem ser afetadas.

Tendo em vista a influência que a produtividade causa no prazo de obras de construção, em 2011, Ameh e Osegbo (2011), tendo como base canteiros de obra na Nigéria, criaram um modelo de previsão que indicou uma relação significativa entre os dois objetos de estudo. A relação, inversamente proporcional, concluiu que uma redução (ou aumento) de 1,03 (uma vírgula três) unidades no atraso de uma obra causaria uma 1 (uma) unidade de aumento (ou decréscimo) na produtividade da mão de obra. Apesar de não ser um resultado representativo para outros países, é bastante significativo no entendimento quantitativo das relações entre produtividade e atraso.

2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há décadas o setor industrial, em geral, busca uma maior otimização e uma maior eficiência da produção de produtos e bens. Entendeu-se, com os anos, que produzir mais, melhor e com menos recursos é essencial para a sobrevivência de um negócio. Atualmente, com uma alta

competitividade em todos os setores tradicionais da indústria, a falta de um sistema que esteja em contínua melhoria pode significar a morte de um negócio.

Viu-se, nos tópicos acima, que o setor da construção civil não está alheio a este modo de agir. Utilizando-se de fatores, índices e sistemas, a indústria da construção sinaliza que, também neste setor, é necessário reinventar-se. A produtividade, como fator de performance de construções, está diretamente associada à essa mudança contínua presenciada no setor.

Sendo este o principal tema do presente estudo, pode-se concluir que a produtividade, por ser a variável influenciadora do sucesso de um empreendimento, merece estudo individualizado. Assim, é essencial entender como e quanto a produtividade influencia os pilares fundamentais da construção.

Tomando o aumento dos custos e o atraso dos cronogramas de obras como os principais problemas de um empreendimento, torna-se importante verificar, cuidadosamente, a influência da produtividade, e também de outros fatores que atuam de forma paralela, nos dois fenômenos.

A revisão da bibliografia mostra o resultado das pesquisas realizadas em várias partes do mundo e indica que a referida relação é significativa em todas elas. Daí a importância de se apurar os dados da situação brasileira e comparar com resultados de outras localidades. Somente dessa forma, se entenderá melhor a situação nacional.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia do trabalho consiste no tratamento e análise dos dados de um banco de dados que foi obtido por Feitoza (2014).

Com o objetivo de se entender melhor como, no Distrito Federal, são influenciados o aumento do custo e do prazo, optou-se por utilizar os dados colhidos por um estudo anterior, publicado por Feitoza (2014).

Após a leitura dos resultados apresentados no referido trabalho, concluiu-se que outras análises interessantes ainda poderiam ser feitas dos dados obtidos pelo questionário. Desta forma, propõe-se com este estudo, apresentar uma nova análise para os dados encontrados por Feitoza (2014).

Esta nova análise é dividida em duas etapas. Na primeira propõe-se o ordenamento e a análise dos fatores de influência incluídos no questionário utilizando a técnica do índice de importância relativa (*Relative Importance Index* ou RII), comparando-o com resultados de outros países. Em um segundo momento, nesta mesma etapa, é feito um aprofundamento da análise pela avaliação da influência do nível de cargo ocupado pelos profissionais nos resultados.

Na segunda etapa, é proposta a modelagem do fenômeno de aumento do prazo utilizando o método de modelagem por equações estruturais por mínimos quadrados parciais (*Partial Least Square Structured Equation modeling* ou PLS – SEM). Para isso, são utilizados os mesmos fatores da primeira etapa somados aos dados obtidos sobre o atraso ou não das construções.

Nos próximos tópicos, será melhor explicado como serão realizadas e quais os objetivos que se pretende alcançar com cada uma das etapas.

3.1. QUESTIONÁRIO

Antes de descrever as duas etapas da metodologia, faz-se necessária uma breve explanação sobre o questionário, que pode ser encontrado no Anexo A, cujos dados são utilizados para o presente trabalho: como foi criado, suas bases estatísticas de amostra e quais informações serão utilizadas.

O questionário utilizado como base para este estudo foi elaborado por Feitoza (2014), que o aplicou com 51 profissionais de 41 diferentes empresas que se enquadravam no perfil de construção civil residencial/comercial, vertical, com atuação no Distrito Federal do Brasil.

Foi utilizado, para a pesquisa, um erro de confiança de 95% e uma proporção de número de itens representantes de uma característica da amostra pelo tamanho da amostra de 50%. Dessa forma, determinou-se o erro de estimação em 6,15%. (FEITOZA, 2014)

O questionário consiste em um conjunto de 47 questões distribuídas entre: Q1 - dados relacionados às empresas; Q2 – ferramentas de gestão utilizadas pelas empresas; Q3 – perfil do questionado; e Q4 – Produtividade. (FEITOZA 2014)

Para as duas etapas deste trabalho são utilizados os dados oriundos de duas das três questões propostas por Feitoza (2014) que utilizam a escala avaliativa *Likert* (Tabelas 3.1 e 3.2 a seguir); são as que indicam os possíveis fatores que afetam o aumento do custo e o atraso das obras da capital federal. Somados a essas duas, utilizam-se os dados sobre os cargos ocupados pelos profissionais que respondem o questionário para a primeira etapa e as respostas quanto ao atraso ou não dos empreendimentos dos respondentes para a segunda etapa.

3.2. ETAPA 1

Na Etapa 1 da metodologia do trabalho, propõe-se a organização dos fatores de cada um dos dois grupos (aumento do custo e atraso) em tabelas que listem, em ordem decrescente, a importância dada, pelos entrevistados, para cada um dos fatores.

Para essa análise, foi escolhida a técnica do *Relative Importance Index* (RII) ou Índice da Importância Relativa. Esta técnica foi muito utilizada em estudos anteriores, que apresentam resultados de dados para fatores de influência de uma variável de referência. Pode-se listar Enshassi et al. (2009), El-Razek et al. (2008), Kazaz et al. (2012), Jarkas e Bitar (2012) e El-Gohary e Aziz (2013) como exemplos de estudos que fizeram o uso do RII para analisar causas e fatores que influenciam no custo e no prazo.

Esse índice (RII) pode ser calculado para cada um dos fatores utilizando a equação 3.1 a seguir:

$$RII (\%) = \frac{4(n4) + 3(n3) + 2(n2) + n1}{4(n4 + n3 + n2 + n1)} \times 100 \quad \text{Eq. 3.1}$$

Onde os termos n1, n2, n3 e n4 são, respectivamente, o número de pessoas que responderam 1 para mínima influência, 2 para fraca influência, 3 para forte influência e 4 para máxima influência. Os valores de RII encontrados para cada fator foram utilizados para se criar um *ranking* ordenado do fator mais para o menos influente.

Nas Tabelas 3.1 e 3.2, encontram-se os fatores escolhidos em Feitoza (2014) para serem estudados e, aqui, para serem comparados segundo o RII. Na ocasião do questionário, aos entrevistados foi pedido para registrarem um número de 1 a 4 para cada fator, levando-se conta a escala de influência acima.

A partir da criação dos dois *rankings* de fatores, é possível prosseguir o refinamento dessas causas, baseando-se, agora, na literatura internacional.

Como já foi mostrado em capítulos anteriores que trataram dos fatores que influenciam o aumento do custo e no atraso de obras, são vários os autores que já fizeram pesquisas nessa linha. Assim, é possível, nesta etapa do trabalho, correlacionar resultados de outros países e outros anos, comparar as conclusões para cada estudo e diagnosticar se os fatores estudados no presente projeto estão de acordo com as conclusões dos outros pesquisadores.

Tabela 3.1 - Fatores que influenciam no aumento dos custos dos empreendimentos
(Feitoza, 2014).

Número	Fator
1	Aumento dos preços dos materiais e equipamentos
2	Baixa produtividade da mão de obra
3	Orçamento mal elaborado
4	Falhas de concepção do projeto básico
5	Falhas no gerenciamento do empreendimento
6	Desperdício de insumos
7	Retrabalho decorrente da modificação do projeto
8	Retrabalho decorrente da má execução dos serviços

Tabela 3.2 - Fatores que influenciam para o aumento do prazo de execução da obra
(Feitoza, 2014).

Número	Variável Feitoza	Fator
1	Ger	Atraso na mobilização da obra
2	Ger	Cronograma não realista
3	Ger	Falhas do cronograma decorrentes da superestimação da produtividade
4	Ger	Falha no gerenciamento dos prazos
5	Ger	Conflito entre partes (empreiteiro e contratante)
6	MdO	Fraca qualificação no quadro técnico do empreiteiro
7	Pro	Complexidade do projeto
8	Pro	Má especificação ou indefinição do projeto
9	Pro	Incompatibilidade dos projetos
10	Pro	Modificações no projeto
11	MdO	Retrabalho
12	Ger	Atraso no pedido dos materiais
13	Ger	Atraso na entrega de material
14	Ger	Atraso na entrega de material na frente de serviço (movimentação no canteiro)
15	AsE	Atraso por material entregue com defeito
16	AsE	Escassez de materiais de construção no mercado
17	AsE	Escassez de equipamentos
18	AsE	Baixa eficiência e produtividade de equipamentos
19	AsE	Defeitos de equipamentos
20	MdO	Baixa qualificação da mão de obra
21	MdO	Baixa produtividade da mão de obra
22	MdO	Escassez de mão de obra qualificada
23	AsE	Acidente durante a construção
24	AsE	Efeitos do clima na construção (calor, chuva)

Da mesma maneira que no passo de criação da lista, a literatura dá exemplos interessantes de como se proceder com tais comparações e análises. Kazaz et al. (2012) apresentam em seu artigo uma tabela contendo as causas para o atraso de obras estudadas, comparando com outros artigos estrangeiros e mostrando em quais deles cada uma das causas também é citada como fator importante.

Já no trabalho de Toor e Ogunlana (2008) é feito um levantamento da bibliografia internacional que cita os fatores estudados. Nesse caso, os autores separam os artigos mais antigos dos mais

novos (depois de 2000), divisão que evidencia que alguns fatores só começaram a se destacar mais recentemente.

No presente estudo fez-se, então, a opção de análise dos resultados pontuando-se fatos, causas e situações vistas no setor da construção civil nacional que explicam ou sustentam os números encontrados.

Em um segundo momento, propõe-se o estudo dos resultados subdividindo os entrevistados entre seus cargos ocupados dentro das empresas. Objetiva-se, com isso, analisar como o nível hierárquico, a proximidade com a produção e a diferença entre as visões (operacional, tática e estratégica) influencia na forma de ver quais fatores mais influenciam no aumento do custo e do prazo das construções.

Para isso, propõe-se a criação de uma tabela comparativa dos mais importantes fatores de influência dados pelos cinco diferentes profissionais englobados na pesquisa. São eles: os diretores, os supervisores, os gerentes de projeto, os gerentes de obra e os engenheiros residentes.

Feita essa avaliação de fatores, dois métodos são utilizados para análise das correlações entre as respostas dos profissionais. Em outras palavras, é proposta uma análise da correlação entre os cargos dos profissionais, visando identificar afinidades na forma de se ver a importância de fatores.

O primeiro método utilizado é o do coeficiente de correlação de postos de Spearman. Tal método calcula a correlação entre as respostas por cargos utilizando, para isso, as colocações de cada um dos fatores (El-Razek et al., 2008). Outros estudos utilizam o mesmo método para medir o nível de concordância entre diferentes partes (Alwi e Hampson, 2003; Assaf et al., 1995). Este coeficiente é calculado utilizando a fórmula dada por Assaf e Al-Hejji (2006), mostrada abaixo:

$$\text{Coeficiente de postos de Spearman} = 1 - \frac{6x \sum d^2}{(n^3 - n)} \quad \text{Eq. 3.2}$$

Nesta, d é a diferença entre a colocação de um fator entre os rankings de profissionais de cargos diferentes e n é o número de fatores. O valor do coeficiente vai de +1 (significa uma correlação perfeita) a -1 (correlação negativa perfeita). O valor 0 denota nenhuma correlação entre os resultados.

O segundo método que complementa a análise é o do coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente, que segue mesmo espectro de valores e mesmos significados que o do método anterior, mede a correlação entre coeficientes de RII dos fatores de duas partes, no caso de dois grupos de profissionais. O método de cálculo pode ser visto abaixo.

$$\text{Coeficiente de Pearson} = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad \text{Eq. 3.3}$$

Assim como no método de Spearman, n continua sendo o número de fatores. X e Y neste estudo são os valores de RII de fatores para dois grupos de profissionais. Para verificação da validade dos coeficientes, é também realizado o cálculo do valor-p das relações, também conhecido como o nível descritivo das relações ou probabilidade de que essas deem valor diferente do indicado.

Este método de avaliação na presente pesquisa é calculado para um valor de confiança de 95%. Isso significa que qualquer resultado com valor-p calculado acima de 0.05 deve ser descartado por falta de confiabilidade.

Tendo-se concluída essa parte de cálculo, uma breve discussão é feita sobre os resultados encontrados e possíveis conclusões obtidas. Finalizada essa primeira etapa, dá-se prosseguimento ao estudo do fenômeno de aumento de prazo pela modelagem proposta na seguinte etapa.

3.3. ETAPA 2

Na Etapa 2, é proposta a modelagem por equações estruturais do fenômeno de influência de fatores sobre o atraso de obras em Brasília (o fenômeno de aumento de custo não pôde ser incluído pela baixa quantidade de fatores). O método utilizado é o do *Partial Least Square* (PLS), ou também conhecido como Método dos Mínimos Quadrados Parciais.

O método PLS, desenvolvido originalmente por Wold, na década de 60, é uma técnica de análise de dados para testar relações teóricas entre um sistema de variáveis (Willaby et al., 2015). Segundo Hair et al. (2011), este método é indicado para pesquisas com o objetivo de predição e desenvolvimento de um método, com cunho exploratório. Dessa forma, faz-se uma escolha interessante para a análise dos dados.

Memon e Rahman (2013) utilizam o método para modelar as relações entre vários fatores e seus efeitos nos custos de construções na Malásia. Com um tamanho de amostra, tipos de dados e objetivo muito parecidos aos do projeto que ora se elabora, obtiveram resultados expressivos.

Tendo isso em vista, optou-se por se analisar os dados utilizando o método de modelagem PLS, dadas as boas experiências de pesquisa verificadas e os relevantes resultados publicados.

Baseado nos passos executados por Memon e Rahman (2013) e no trabalho publicado por Hair et al. (2011), o método pode ser desmembrado em cinco partes. A primeira parte é uma definição da estrutura de modelo. Pode-se ver na Figura 3.1 um exemplo genérico de estrutura que o método aceita. A variável Z sendo influenciada pelas variáveis Y1, Y2 e Y3, com seus indicadores ou fatores de observação (X1 a X10).

Aplicando à realidade do projeto, os fatores de observação são os fatores de influência das etapas anteriores. Já as variáveis exógenas, Y1 a Y3, são os grupos de classificação, presentes no estudo de Feitoza (2014) e propostos pelo autor do estudo. Estas variáveis são constituídas pela integração dos fatores ligados a ela e representam dessa forma o agrupamento destes fatores sob uma única denominação. A variável endógena (Z), por sua vez, é a variável de aumento de prazo, baseada nos valores dados pelos respondentes quanto ao atraso ou não das construções.

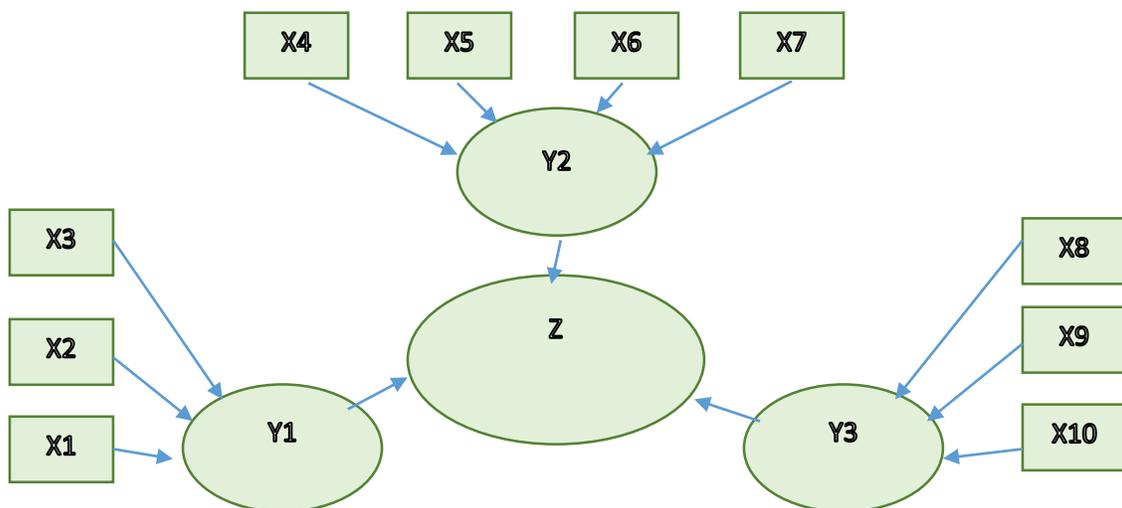


Figura 3.1 - Exemplo de estrutura de modelo.

O formato da estrutura utilizada e a disposição dos fatores influenciadores das variáveis exógenas é feita inicialmente utilizando as configurações que Feitoza (2014) propõe em seu estudo. Este divide os fatores em quatro grupos (variáveis): aspectos externos (AsE), gerencial (Ger), mão de obra (MdO) e projeto (Pro). A designação de cada fator por variável pode ser vista na Tabela 3.2.

Também é feita a construção de uma estrutura alternativa proposta pelo autor do presente documento. A partir do estudo dos fatores e do embasamento em estudos anteriores, propõe-se uma disposição de fatores por diferentes variáveis, tendo por finalidade confrontar os resultados obtidos com a estrutura inicial. Sabe-se em teoria quais são as variáveis que estão correlacionadas e com quais variáveis subsequentes estas se relacionam de forma mais próxima. Assim, pretende-se obter dois modelos que possam ser comparados ao final da etapa. Tendo isso concluído, pode-se continuar com as partes seguintes.

Da segunda à quinta parte é onde as estruturas e os modelos como um todo são realmente avaliados e testados. Este processo de avaliação em 4 estágios é resumido por Hair et al. (2011) e Memon e Rahman (2013) a seguir:

- a) Primeira avaliação: Confiabilidade individual dos itens e validade de convergência feita por teste de correlação, cálculo do Alfa de Cronbach (*Cronbach's alpha*), pelo valor de confiança composta (*composite reliability score* ou CR) e pelo cálculo da variância média extraída (*average variance extracted* ou AVE).

Nesta etapa, é feita a avaliação individual de confiabilidade de cada item ou fator com sua variável exógena (Figura 3.2). Para isso, é feito o cálculo simples de correlação entre o item e a variável. Com esse resultado em mãos, define-se se a correlação é significativa, média ou baixa. Memon e Rahman (2013) sugerem que fatores com correlação 0,7 ou maior são significantes; quando entre 0,7 e 0,4, o fator deve ser avaliado e pode ser retirado caso o fator não aumente o valor do CR; e se o coeficiente for menor que de 0,4 para baixo, deve-se retirar o fator por baixa correlação com a variável. O resultado revela, assim, se o item possui ou não correlação com a estrutura fator-variável de origem.

Aqui também é feita a análise de consistência interna da variável exógena (Figura 3.3). Hair et al. (2011) afirmam que esta análise pode ser feita por um, ou mais dos outros métodos de análise do item a) (C. alpha, CR ou AVE). De formas diferentes, os três avaliam se as relações como um todo

da variável exógena com seus fatores resultam em uma medida de validade de convergência significativa.



Figura 3.2 - Avaliação individual de confiabilidade de cada item.

O coeficiente dado pelo método do Alpha de Cronbach é uma medida de confiabilidade ou consistência dos dados. Já o valor do CR é utilizado para checar a que ponto a estrutura variável-fatores é medida pelos seus indicadores. De modo geral, as duas medidas (Alpha e CR) são consideradas similares e com interpretações muito próximas (Memon e Rahman, 2013).

Para esses dois parâmetros a literatura firma que os números de aceitação são: por Churchill (1979) e Chin (1998), 0,6 para o Alpha e por Nunnally (1976) e Hair et al. (2011), 0,7 para CR.

O teste AVE é usado para avaliar a consistência interna da estrutura variável-fatores pela medida da quantidade de variância que a variável exógena absorve dos seus fatores relativos à quantidade de variância devido a erros de medida. Esse valor deve ser acima de 0,5 (Fornell e Larcker, 1981; Barclay et al., 1995; Memon e Rahman, 2013).

Calculados todos esses coeficientes por estrutura de variável exógena – fatores, compara-se os valores com os mínimos descritos acima e decide-se pelo abandono de fatores ou aceite da estrutura original.

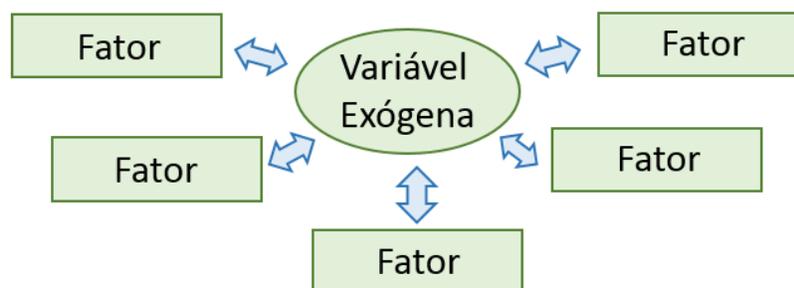


Figura 3.3 - Consistência interna da variável exógena.

- b) Validade de discriminação testada por uma análise de correlações cruzados (*cross-loadings' analysis*).

A validade de discriminação é utilizada na etapa dois para indicar até que extensão uma variável exógena é diferente de outra. O método de *cross-loadings* faz essa análise de forma indireta mostrando as correlações de cada fator com todas as variáveis da estrutura do modelo (Figura 3.4). Para que sejam validadas as relações, os itens devem apresentar correlações mais altas com suas variáveis associadas, indicando que as relações de modo global estão bem esquematizadas. (MEMON e RAHMAN, 2013).

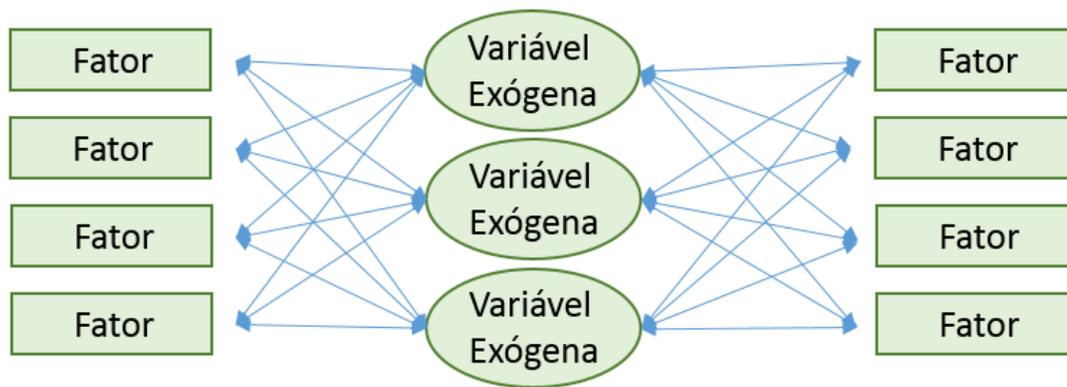


Figura 3.4 - Validade de discriminação.

- c) Relacionamento estrutural avaliado por correlação quadrática (R^2) e pelo coeficiente de caminho (*path coefficient* ou β) de cada uma das relações.

Os resultados da avaliação de relacionamento estrutural são a parte mais interessante da modelagem. Este relacionamento determina o “poder de explicação” do modelo e a significância que cada uma das variáveis tem no modelo. A partir do cálculo do R^2 , sabe-se o quanto o modelo tem o poder de explicar o comportamento da variável endógena. Hair Jr et al. (2014) explicam que esse coeficiente é uma medida de acurácia da previsão. Tendo isso em vista, Memon e Rahman (2013 e 2014) utilizam como referência os seguintes valores para R^2 :

- $R^2 \geq 0,26$ indica um modelo com resultado substancial;

- $R^2 \geq 0,13$ indica um modelo com resultado moderado;

- $R^2 \geq 0,02$ indica um modelo com resultado fraco.

Pelo cálculo de β , indica-se qual o efeito de cada uma das relações variável exógena-endógena no modelo (MEMON e RAHMAN, 2013). Este coeficiente representa as relações hipotéticas entre as variáveis exógenas e endógena. Os valores para β variam de -1 a +1, com valores próximos a -1 significando forte relação negativa e +1 significando forte relação positiva (Hair Jr et al., 2014). Ver Figura 3.5.

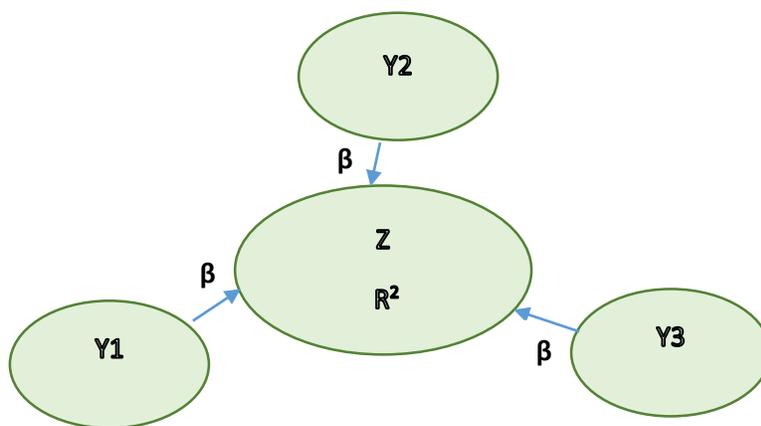


Figura 3.5 - Relacionamento estrutural avaliado por R^2 e β .

d) Compatibilidade do modelo avaliada pelo *Goodness of Fit index* (GoF).

Por último a compatibilidade do modelo é testada pela comprovação da sua validade global e do poder do modelo. Isso é feito levando-se em consideração a performance do modelo PLS tanto por seus números finais quanto pela estrutura do modelo, com foco na performance de previsão do modelo (Chin, 2010). Assim sendo, o GoF é um índice que leva em conta a performance global do modelo, indicando se o resultado final tem baixa, média ou alta performance. (MEMON e RAHMAN, 2013).

Esse índice classificado entre os três níveis seguindo a sugestão de Memon e Rahman (2013): GoF baixo = 0,1, GoF médio = 0,25 e GoF alto = 0,36. O cálculo se dá pela fórmula a seguir:

$$GoF = \sqrt{\overline{AVE} \times R^2} \quad \text{Eq. 3.4}$$

Onde o \overline{AVE} é calculado como a média dos valores de AVE do modelo.

Embasado em estudos que utilizam o método PLS, decidiu-se por utilizar a versão *student* do *software* SmartPLS 3. Essa versão deve possibilitar a modelagem pelo método sem trazer limitações prejudiciais ao estudo, mesmo sendo a versão grátis e de entrada do *software*.

Objetiva-se finalizar a Etapa 2 apresentando dois modelos de previsão da influência de fatores no custo e no prazo das obras com valores apresentados de correlação e do poder do modelo. Com isso, é analisado o resultado final e são feitos comentários pertinentes.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos a partir do processamento dos dados de Feitoza (2014) seguindo as metodologias apresentadas no capítulo anterior. A partir desses resultados é feita uma análise crítica de cada etapa e comparações com estudos realizados por outros pesquisadores internacionais.

4.1. ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA

A primeira etapa tem como resultado as Tabelas 4.1 para fatores de aumento de custo e 4.2 para fatores de aumento de prazo. Para se chegar a esses resultados foi necessário o descarte dos dados de quatro dos questionados, causada pela ausência de dados completos. Desta forma, no total foram englobadas 40 empresas e 47 entrevistados, dos quais 2 são diretores, 7 são supervisores, 2 são gerentes de projeto, 21 são gerentes de obra e 15 são engenheiros residentes.

De forma complementar, são apresentados e analisados os resultados encontrados dividindo os profissionais por seus cargos dentro de suas empresas. Correlações entre os resultados são tabelados para o estudo mais aprofundado das visões por nível ocupacional.

4.1.1. AUMENTO DO CUSTO

Inicia-se a análise de resultados pela Tabela 4.1 de fatores de influência no aumento do custo. Nesta tabela, na primeira coluna encontra-se a numeração dada por Feitoza (2014) para cada um dos fatores; na segunda, estão descritos os fatores; na terceira, o valor do índice para cada fator em ordem decrescente; na quarta e última, está o posicionamento no ranking de cada fator.

Com 73.5%, a baixa produtividade da mão de obra é considerada o fator com maior influência no aumento dos custos de uma obra. Tal resultado não é grande surpresa, pois é reconhecida a baixa produção da mão de obra nacional. Em comparação com pesquisa feita por Rahman et al. (2013), na Malásia este fator é apenas o 9º entre os 20 pesquisados.

Tabela 4.1 – Índice de importância relativa e ranking de importância dos fatores de influência no aumento do custo.

#	Fator	RII	Rank
2	Baixa produtividade da mão de obra	73.5%	1
8	Retrabalho decorrente da má execução dos serviços	72.5%	2
4	Falhas de concepção do projeto básico	66.3%	3
6	Desperdício de insumos	65.5%	4
3	Orçamento mal elaborado	65.0%	5
7	Retrabalho decorrente da modificação do projeto	64.8%	6
5	Falhas no gerenciamento do empreendimento	62.5%	7
1	Aumento dos preços dos materiais e equipamentos	61.0%	8

O segundo fator mais relevante é o retrabalho decorrente da má execução dos serviços, com 72,5%, valor muito próximo ao do primeiro colocado. Esse resultado revela outro aspecto de preocupação com a mão de obra brasileira, a da qualidade. Juntos, esses dois fatores principais reiteram a visão geral dos profissionais da construção civil brasileira de que a força de trabalho no país necessita de uma atenção especial de capacitação para que se possa ver uma melhora na qualidade e produtividade do setor.

O fator número 4, falhas de concepção no projeto básico, atinge a terceira posição com 66.3% de importância. Pesquisadores avaliam que o processo de licitação brasileira, utilizando o projeto básico como objeto para contratação, é prejudicado pela confecção de documentos que muitas vezes não possuem detalhamento necessário ou não detêm um estudo de utilização de qualidade, resultando em projetos que posteriormente necessitam ser modificados. Dessa forma, vê-se uma preocupação dos profissionais quanto à influência no aumento do custo devido a esse fator.

Em quarto lugar está ranqueado o fator de desperdício de insumos. Este fator pode ser associado à qualidade da mão de obra e dos serviços executados por esta, mas também à gestão desses recursos.

Não existem dúvidas de que a diminuição do retrabalho ou a melhor execução de serviços é parte fundamental para a diminuição dos desperdícios. Entretanto, o papel representado pelo gestor também se faz essencial no quesito de estocagem e transporte adequados do material.

Na quinta posição está destacado o fator de orçamento mal elaborado. Com RII de 65%, este fator representa a preocupação dos respondentes com a falta de precisão de orçamentos causada pela dificuldade de se orçar corretamente todas as atividades e os serviços de um projeto.

O fator de retrabalho decorrente de modificações de projeto atinge um RII de 64,8%, valor que confirma a sexta colocação entre os fatores. Tal valor confere a avaliação de que o aumento dos custos de uma obra é influenciado de forma relevante por retrabalho, não apenas devido à mão de obra, mas, neste caso, de modificações de projeto. Isso é decorrente por exemplo do fator número 4, ou seja, de falhas na concepção de projetos básicos, que ocasionalmente só vão ser revistos depois que o serviço já está executado. A cultura nacional de não dar o devido valor à etapa de projeto e planejamento de uma construção, resultando em modificações posteriores e celebração de aditivos, afeta o valor total do empreendimento.

Por fim estão os fatores de falha de gerenciamento e de aumento dos preços de materiais e equipamentos, os dois logo acima dos 60% de RII. O primeiro revela a importância e a influência de um gerenciamento de qualidade no valor final de uma construção e indicando a relevância da atuação do gerente na garantia de um planejamento e controle dos gastos.

Já o fator na última posição, apesar da colocação, ainda indica que as variações de preços no mercado influenciam substancialmente no aumento dos custos. Rahman et al. (2013) indica que no paradigma da Malásia, o fator é considerado o 1º entre os que mais influenciam o aumento do custo, mesmo resultado dado por Omoregie e Radford (2006) no estudo feito na Nigéria. Isso mostra que no Brasil, apesar de ser considerado um fator importante no aumento dos custos das obras, a flutuação de preços de mercado é menos imprevisível e instável que em outros países do mundo.

Considerados os resultados finais mostrados na Tabela 4.1, chega-se às seguintes conclusões:

- a) Os 8 fatores relacionados ao aumento do custo de empreendimentos possuem substancial influência sobre o aparecimento deste fenômeno.

- b) Por causa do limitado número de fatores indicado por Feitoza (2014) e, tendo todos sido listados e retirados da literatura como os mais importantes, nota-se que, excluídos os dois primeiros (com RII > 70%), os demais resultam em um patamar muito próximo, na casa dos 60 – 70%, indicando que são fatores importantes.

4.1.2. AUMENTO DO PRAZO

Seguindo a mesma lógica da Tabela 4.1, a Tabela 4.2 a seguir apresenta os fatores de influência no aumento de prazo propostos por Feitoza (2014). No total de 24 fatores, o de maior influência alcançou a marca de 75% de RII e o de menor influência 41,5%, resultados que, em comparação com o da tabela anterior, já apresentam uma variação considerável.

Começa-se a análise pelo fator que encabeça a lista: o retrabalho. Este fator, que também é posto em destaque na Tabela 4.1, reafirma a preocupação dos profissionais da construção com a qualidade e assertividade dos serviços de um empreendimento. Isso acontece pois, na maioria dos casos, o retrabalho significa a alocação de mão de obra em atividades que já estão executadas, resultando uma quebra da sequência do trabalho, uma diminuição das equipes de serviço e uma diminuição da produtividade. Desta forma, o resultado mostra que é o retrabalho um problema recorrente e que afeta de forma expressiva no atraso das construções. Comparativamente, cita-se o estudo feito por Gunduz et al. (2013) na Turquia; no artigo o autor apresenta que o retrabalho alcança o valor de 74,7% de RII, sugerindo que não apenas no Brasil esse fator é motivo de preocupação.

Em segundo lugar, o fator da baixa produtividade da mão de obra reitera a importância deste fator não só para o aumento dos custos, mas também para o aumento dos prazos. A baixa produtividade de serviços e produtos resulta em um tempo maior de produção ou em um contingente maior de trabalhadores para se produzir. Apesar de ser uma característica brasileira, outras pesquisas também relatam o fator como sendo de importância para o aumento de prazo, como Kaming et al. (1997) na Indonésia, Toor e Ogunlana (2008) na Tailândia, Faridi e El-Sayegh (1986) nos Emirados Árabes e Kazaz et al. (2012) na Turquia.

Tabela 4.2 - Índice de importância relativa e ranking de importância dos fatores de influência no aumento do prazo.

#	Fator	RII	Rank
11	Retrabalho	75.0%	1
21	Baixa produtividade da mão de obra	73.0%	2
22	Escassez de mão de obra qualificada	72.5%	3
20	Baixa qualificação da mão de obra	70.5%	4
10	Modificações no projeto	69.5%	5
4	Falha no gerenciamento dos prazos	69.0%	6
8	Má especificação ou indefinição do projeto	69.0%	6
9	Incompatibilidade dos projetos	67.0%	8
6	Fraca qualificação no quadro técnico do empreiteiro	65.0%	9
13	Atraso na entrega de material	65.0%	9
2	Cronograma não realista	64.0%	11
3	Falhas do cronograma decorrentes da superestimação da produtividade	63.0%	12
12	Atraso no pedido dos materiais	61.5%	13
5	Conflito entre partes (empreiteiro e contratante)	61.0%	14
14	Atraso na entrega de material na frente de serviço (movimentação no canteiro)	59.0%	15
1	Atraso na mobilização da obra	52.0%	16
18	Baixa eficiência e produtividade de equipamentos	51.0%	17
15	Atraso por material entregue com defeito	48.5%	18
24	Efeitos do clima na construção (calor, chuva)	47.5%	19
17	Escassez de equipamentos	45.5%	20
23	Acidente durante a construção	45.5%	20
7	Complexidade do projeto	44.4%	22
16	Escassez de materiais de construção no mercado	43.5%	23
19	Defeitos de equipamentos	41.5%	24

Os fatores escassez de mão de obra qualificada e baixa qualificação da mão de obra são ranqueadas como terceiro e quarto na tabela, respectivamente. Por estarem correlacionados, os dois representam uma preocupação para o setor da construção nacional e revelam, assim, a existência de um déficit de profissionais capacitados com conhecimentos técnicos qualificados, o que de acordo com os entrevistados, culmina em uma grave influência no aumento do prazo da obra. Resultado semelhante é obtido por Gunduz et al. (2013), que apresentam a baixa qualificação e inexperiência da mão de obra como o oitavo fator mais importante para o atraso de obras entre 83 pesquisados.

Note que os 4 primeiros fatores da lista estão ligados à mão de obra. Esse paradigma representa a realidade vivida pelo setor e as dificuldades enfrentadas pelos gestores de obras frente a um problema que se mostra enraizado nas fundações da indústria.

Continuando a análise, observa-se na quinta posição o fator de modificações de projetos. Com 69,5% de RII, este fator é considerado importante, pois modificações de projeto são também modificações das condições iniciais sobre as quais se basearam o planejamento e mais especificamente o cronograma elaborados. Dependendo do tamanho da modificação do projeto e do momento que esta é feita, é necessária a total reavaliação do cronograma de uma construção. Desta forma, esse fator está entre os mais citados na literatura, sendo listado por, por exemplo, Lo et al. (2008), Sweis et al. (2008), Koushki et al. (2005), Kaliba et al. (2009), entre muitos outros.

Empatados na sexta posição, estão as falhas de no gerenciamento de prazos e a má especificação ou indefinição do projeto. O primeiro dos dois fatores indica a direta influência que a gestão da obra possui sobre o controle e o gerenciamento de prazos. Erros praticados por profissionais responsáveis por estas funções refletem negativamente no prazo das construções. Já o segundo fator segue a mesma linha do fator número 10. Isso quer dizer que uma má especificação ou uma indefinição de projeto pode resultar inevitavelmente no atraso de um empreendimento, devido às mudanças das condições iniciais de projeto.

Problema parecido é ocasionado pelo fator na oitava posição. A incompatibilidade de projetos ainda é um fator bastante preocupante para o setor. Apesar da existência de tecnologias que já mitigam consideravelmente a intensidade e frequência de ocorrências desse fenômeno, como é o

caso de tecnologias BIM (Eastman et al., 2011), empresas e profissionais ainda se mostram resistentes em aderência a essas soluções. Resultado: inconsistências são identificadas tardiamente levando a modificações de projeto que muitas vezes implicam em retrabalho. Conclui-se que uma coisa leva à outra, gerando o efeito de bola de neve.

Na nona colocação estão os fatores 6 e 13, fraca qualificação no quadro técnico do empreiteiro e atraso na entrega de material, respectivamente. O número 6 é mais um que se junta ao grupo dos fatores relacionados com a mão de obra. Já o 13 é o primeiro dos fatores ligados a materiais que influenciam no aumento do prazo. El-Razek et al. (2008) é outro estudo que apresenta o fator entre os 10 com maior influência, tendo o Egito como país de estudo.

O fator de cronograma não realista é o 11º colocado com 64% de RII. A evidente problemática causada por uma falha na execução do cronograma resulta nessa posição de grande relevância, apesar de não estar entre os 10 mais influentes. Por outro lado, comparando com o caso relatado por Toor e Ogunlana (2008) na Tailândia, onde esse fator alcança a 5ª posição entre 75 fatores, nota-se que a intensidade do problema no Brasil não é dos maiores encontrados na bibliografia.

Um dos possíveis motivos para a ocorrência dessa fuga de realidade pode ser explicado pelo fator seguinte da lista, o de falhas no cronograma decorrentes da superestimação da produtividade. Na 12ª posição, este fator possui origens na falta de informação de dados sobre produtividade e/ou no “otimismo” do profissional que produz o cronograma na execução mais eficiente dos serviços. Sendo um ou o outro, ou mesmo o produto dos dois, o resultado é exatamente o fator de cronograma não realista.

Em 13º está o atraso no pedido de materiais, fator que é diretamente ligado à gestão e gerenciamento da obra. A literatura mostra que este é outro fator de influência relevante em outras partes do mundo. A gestão de materiais, neste caso representada pelo atraso de pedidos, é problema relatado na Malásia (Sambasivan e Soon, 2007-1), nos Emirados Árabes (Faridi e El-Sayegh, 2006), no Reino Unido (Sullivan e Harris, 1986), na Turquia (Arditi et al., 1985), entre outros.

Logo em seguida, na 14ª posição, é listado o último fator acima dos 60% de RII, o conflito entre as partes (empreiteiro e contratante). Este fator é observado pois no tipo de contratação por empreitada, empreiteiro e contratante possuem interesses divergentes, o que muitas vezes ocasiona atritos entre as partes que podem resultar em atrasos expressivos. El-Razek et al. (2008) citam o

fator em estudo elaborado no Egito. No artigo, os autores mostram que o fator é pouco relevante no aumento do prazo, sendo que no Brasil, o resultado é de moderadamente influente.

Na 15ª e 16ª posições são mencionados atrasos por falhas na logística dos canteiros. O fator de atraso na entrega de material na frente de serviço é causado por ineficiências na movimentação de materiais no canteiro e obteve 59% de RII. Já o fator de atraso na mobilização da obra recebe a importância relativa de 52%, resultado que expressa uma influência já limitada no aumento do prazo.

Em seguida, com 51% de RII, a baixa eficiência e produtividade de equipamentos conclui o montante de fatores acima dos 50%. Este por outro lado é o mais influente dos fatores ligados aos equipamentos, o que significa que este grupo de fatores possui apenas influência limitada sobre o cronograma de obras. Este resultado é interessante pois indica que os equipamentos em empreendimentos não são motivo de grande preocupação para os profissionais entrevistados com relação ao atraso de obras. Internacionalmente, resultado parecido é relatado no Egito por El-Razek et al. (2008), onde o fator de produtividade de equipamentos é colocado apenas na 29ª posição entre 32 fatores.

Na 18ª posição aparece o fator de atraso por material entregue com defeito. Pelo resultado do índice, e por não haver na bibliografia internacional menção a esse fator, entende-se que esse tipo de atraso apresenta baixa influência no aumento do prazo localmente e também em outros países.

O fator efeitos do clima na construção é o seguinte da lista, significando também uma baixa influência no aumento do prazo. Por outro lado, este fator é listado em vários estudos semelhantes a este, e sua relevância varia conforme o nível de adversidade que o clima impõe em cada local. No Brasil, por exemplo, é de se esperar uma influência baixa pois não existem variações de temperatura muito acentuadas e nem fenômenos climatológicos pontuais, como furacões e nevascas, que possam atrasar ou parar uma construção. Já no Reino Unido, Lim e Mohamed (2000) indicam o fator como entre os dez mais importantes, algo que pode ser explicado por condições como as de inverno bastante severas.

Na sequência estão os fatores escassez de equipamentos e acidentes durante a construção, empatados na 20ª posição. Com baixa importância no cenário nacional, o primeiro é um relevante fator no aumento do prazo na Indonésia (Faridi e El-Sayegh, 2006) e na Malásia (Sambasivan e

Soon, 2007). Já o segundo é bastante mencionado em outros trabalhos, mas assim como neste, é considerado de baixa importância para os profissionais da área na influência do aumento do prazo.

Os últimos três fatores são, em ordem, o de complexidade de projeto, apenas mencionado em outro artigo (Lim e Mohamed, 2000) no Reino Unido; o de escassez de materiais de construção no mercado, muito recorrente na bibliografia como fator de atrasos; e, por último, defeitos de equipamentos.

4.1.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS POR CARGOS

Concluída a etapa de análise das Tabelas 4.1 e 4.2, passa-se para a etapa de estudo de como os profissionais, em diferentes cargos e níveis hierárquicos, veem quais são os fatores que mais impactam no aumento de prazo. Para isso criou-se as Tabelas 4.3 e 4.4 que informam os três fatores que mais afetam no aumento do custo e no aumento do prazo, respectivamente. Nestas, cada coluna indica: na primeira linha, o cargo dos profissionais dentro da empresa; nas subsequentes, os três fatores com maiores índices escolhidos pelos profissionais no cargo indicado na coluna.

Tabela 4.3 – Fatores mais influentes no aumento de custo por cargos dos entrevistados.

Diretor	Supervisor	Gerente de Projetos	Gerente de Obras	Eng. Residente
Baixa produtividade da mão de obra	Aumento dos preços dos materiais e equipamentos	Aumento dos preços dos materiais e equipamentos	Baixa produtividade da mão de obra	Baixa produtividade da mão de obra
Desperdício de insumos	Baixa produtividade da mão de obra	Baixa produtividade da mão de obra	Retrabalho decorrente da modificação do projeto	Falhas de concepção do projeto básico
Retrabalho decorrente da má execução de serviços	Orçamento mal elaborado	Desperdício de insumos	Retrabalho decorrente da má execução de serviços	Retrabalho decorrente da má execução de serviços

Começando pela Tabela 4.3, o primeiro aspecto que se nota é que, para profissionais de todos os cargos, o fator de baixa produtividade da mão de obra aparece entre os três mais influentes fatores no aumento do custo. Esse resultado segue o que foi encontrado na Tabela 4.1.

Por outro lado, para os supervisores e gerentes de projeto, o retrabalho decorrente da má execução de serviços não aparece entre os três mais importantes, mesmo tendo obtido este fator o segundo maior RII na avaliação geral. Esses dois cargos também se destacam por indicarem o aumento dos preços dos materiais e equipamentos, último fator da Tabela 4.1, como entre os três mais importantes.

Tabela 4.4 - Fatores mais influentes no aumento do prazo por cargos dos entrevistados.

Diretor	Supervisor	Gerente de Projetos	Gerente de Obras	Eng. Residente
Retrabalho	Baixa qualificação da mão de obra	Modificações de projeto	Falha no gerenciamento dos prazos	Má especificação ou indefinição de projeto
Escassez de mão de obra qualificada	Baixa produtividade da mão de obra	Retrabalho	Má especificação ou indefinição de projeto	Modificações de projeto
Baixa qualificação da mão de obra	Escassez de mão de obra qualificada	Baixa produtividade da mão de obra	Retrabalho	Retrabalho

Observando a Tabela 4.4 agora, percebe-se que o fator retrabalho, o primeiro da Tabela 4.2, aparece entre os três mais influentes de todos, exceto na opinião dos supervisores. Outro detalhe que se nota é que o fator baixa produtividade da mão de obra, que é o segundo no ranking geral, é colocado entre os três mais importantes apenas pelos supervisores e gerentes de projeto. Para os gerentes de obra e engenheiros residentes, o fator má especificação ou indefinição de projeto é apresentado como entre os primeiros; no ranking geral, este fator é apenas o 6°.

Complementando a análise de resultados por cargos, apresentam-se abaixo os valores dos coeficientes de correlação pelos métodos de Spearman (Tabelas 4.5 e 4.8) e de Pearson (Tabelas 4.6 e 4.9). Para saber a significância dos resultados, também são apresentados os resultados dos valores-p (Tabelas 4.7 e 4.10).

Como de praxe, começa-se pelos resultados para fatores de aumento do custo. Na Tabela 4.5 são apresentados os valores dos coeficientes de correlação de postos de Spearman por cargo dos profissionais. Aí, observam-se valores baixos ou negativos exceto no par de Eng. Residente – Gerente de obras. O coeficiente de 0,85 revela uma correlação muito grande entre as colocações

dos fatores resultantes das escolhas dos profissionais dos dois cargos. Isso revela uma visão próxima entre os profissionais nos dois cargos sobre quais fatores mais influenciam no aumento do custo.

Tabela 4.5 – Coeficientes de correlação de postos de Spearman por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do custo.

SPEARMAN	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	1.00				
Supervisor	0.43	1.00			
G. de Proj.	0.18	0.16	1.00		
G. de obras	0.30	-0.17	-0.30	1.00	
Eng. Residente	0.13	-0.35	-0.26	0.85	1.00

Na Tabela 4.6, nota-se uma configuração muito semelhante à da Tabela 4.5. Isso significa que os coeficientes de correlação entre os RIIs dos fatores seguem a lógica vista na tabela anterior. Com um coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,76, a dupla gerente de obras e engenheiro residente é a que possui correlação mais expressiva.

Tabela 4.6 - Coeficientes de correlação de Pearson por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do custo.

PEARSON	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	1.00				
Supervisor	0.52	1.00			
G. de Projetos	0.15	0.18	1.00		
G. de obras	0.34	-0.13	-0.35	1.00	
Eng. Residente	0.21	-0.27	-0.27	0.76	1.00

De forma esperada, devido ao número reduzido de fatores (8) e aos valores de coeficientes de correlação, em geral, muito baixos ou negativos, os resultados dos valores-p indicam como única relação com significância a entre os profissionais no cargo de engenheiro residente e gerente de obras. Todas as outras são dadas com valores-p maiores que 5%, o que para este trabalho é considerado um percentual pouco confiável.

Tabela 4.7 – Valores-p de significância dos coeficientes de correlação de Spearman e de Pearson com relação aos fatores de influência no aumento do custo.

VALOR-P	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	0.00				
Supervisor	$P > 0.05$	0.00			
G. de Projetos	$P > 0.05$	$P > 0.05$	0.00		
G. de obras	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	0.00	
Eng. Residente	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	0.03	0.00

No caso do estudo da influência dos fatores no aumento do prazo, a situação modifica-se. O maior número de fatores (24) possibilita um nível de significância elevado e, por conseguinte, possibilita uma análise mais aprofundada. Da Tabela 4.10 observa-se que apenas duas relações não possuem significância adequada, o que leva à desconsideração dos coeficientes das mesmas nas Tabelas 4.8 e 4.9.

Tabela 4.8 - Coeficientes de correlação de postos de Spearman por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do prazo.

SPEARMAN	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	1.00				
Supervisor	0.51	1.00			
G. de Projetos	0.73	0.43	1.00		
G. de obras	0.49	0.39	0.66	1.00	
Eng. Residente	0.52	0.52	0.68	0.79	1.00

Com isso em mente, mais uma vez credita-se à correlação entre gerente de obras e engenheiros residentes os coeficientes de Spearman e Pearson mais elevados (Tabelas 4.8 e 4.9) fruto da interação e da visão mais próximas entre os profissionais, por estarem diretamente ligados na hierarquia (Souto, 2003) e na proximidade com os aspectos mais operacionais dentro de uma empresa.

Destacam-se também as correlações entre gerente de projetos – gerente de obras e gerente de projetos – engenheiro residente. Com valores relevantes, entende-se que a visão do gerente de projetos se aproxima expressivamente da dos profissionais com mais contato com o operacional. Por outro lado, com os mesmos 0.73 para os coeficientes de Spearman e Pearson, gerente de projetos e diretor possuem opiniões mais intimamente correlacionadas.

Esses resultados indicam que os profissionais no cargo de gerente de projetos possuem opinião em intermediária entre os profissionais do nível estratégico, de diretor, e dos profissionais do nível operacional, caso dos outros dois. Essa afirmação indica o enquadramento dos gerentes de projeto em um nível tático.

Tabela 4.9 – Coeficientes de correlação de Pearson por cargos com relação aos fatores de influência no aumento do prazo

PEARSON	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	1.00				
Supervisor	0.57	1.00			
G. de Projetos	0.73	0.41	1.00		
G. de obras	0.58	0.46	0.73	1.00	
Eng. Residente	0.55	0.54	0.67	0.85	1.00

Os coeficientes das relações entre o cargo de supervisor e os outros não se mostraram muito promissores. O descarte de duas relações envolvendo os resultados destes profissionais e a baixa correlação encontrada nos outros coeficientes impossibilita a inclusão de análises confiáveis.

Tabela 4.10 - Valores-p de significância dos coeficientes de correlação de Spearman e de Pearson com relação aos fatores de influência no aumento do prazo.

P-VALUE	Diretor	Supervisor	G. de Projetos	G. de obras	Eng. Residente
Diretor	0.00				
Supervisor	0.01	0.00			
G. de Projetos	$P < 0.01$	$P > 0.05$	0.00		
G. de obras	0.01	$P > 0.05$	$P < 0.01$	0.00	
Eng. Residente	0.01	0.01	$P < 0.01$	$P < 0.01$	0.00

Conclui-se esta etapa ressaltando que este tipo de análise de correlações entre profissionais de cargos distintos dentro da empresa construtora não foi encontrada na literatura acadêmica. Sendo assim, poucas são as bases para comparação dos resultados.

Os estudos de El-Razek et al. (2008) são os que mais se aproximam, propondo uma análise de correlação de resultados com entrevistados distribuídos entre consultores, contratantes (donos) e construtores. A análise feita acima se baseou no artigo destes autores.

4.2. MODELAGEM POR PLS-SEM

A segunda etapa do trabalho visa criar e avaliar um modelo de previsão do aumento do prazo utilizando o método PLS-SEM. Como foi dito anteriormente, objetiva-se também avaliar a estrutura de variáveis e fatores sugerida por Feitoza (2014) e comparar com estrutura criada pelo autor do presente documento.

4.2.1. MODELO COM ESTRUTURA PROPOSTA POR FEITOZA (2014)

Inicia-se apresentando a estrutura de variáveis proposta por Feitoza (2014) na Figura 4.1. Nela estão presentes os fatores de influência pelos retângulos amarelos numerados de 1 a 24, a estrutura de variáveis exógenas pelos círculos azuis periféricos ligados às suas respectivas variáveis, a variável endógena pelo círculo azul central.

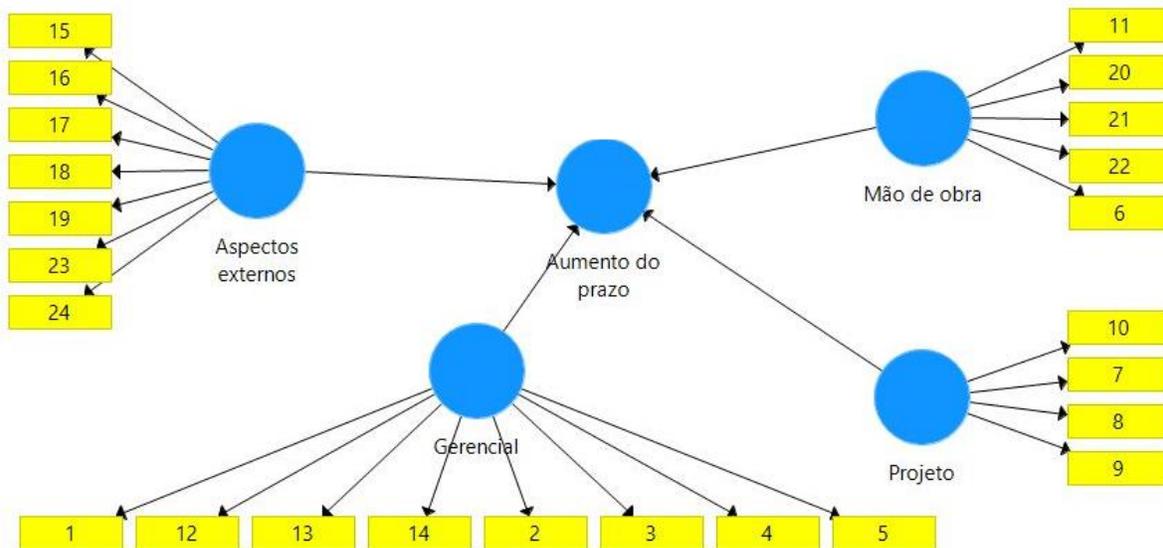


Figura 4.1 – Estrutura de modelo I proposta por Feitoza (2014).

A partir dessa configuração inicial (modelo I) roda-se o programa *SmartPLS 3* e obtém-se os primeiros resultados de parâmetros nas na Tabela 4.11.

O primeiro ponto de avaliação do modelo é o de correlação de cada fator com sua variável exógena. Olhando a Tabela 4.11 nota-se que há dois fatores com correlação negativa, dois fatores com correlação entre 0.000 e 0.400, sete entre 0.401 e 0.700 (com aumento de CR por todos os fatores) e o resto com correlação acima de 0.701. Os quatro que não ultrapassam o valor de 0.400 de correlação evidenciam que o modelo não está bem construído, e por isso, deve ser reavaliado.

Olhando os outros parâmetros que compõem a tabela, nota-se que o AVE das variáveis gerencial, mão de obra e projeto também não passam do limite mínimo de 0.5. Quanto à confiabilidade composta (CR), as variáveis mão de obra e projeto também não alcançam 0.70 necessário para serem aceitos. Por último, todas as variáveis ultrapassam o valor mínimo de 0.6 de Alpha. Com apenas um dos três parâmetros de análise consistência interna das variáveis exógenas tendo sido cumprido, reitera-se a necessidade de uma revisão do modelo.

Tabela 4.11 – Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo I

Variável exógena	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Aspectos externos	15	0.674	0.61	0.91	0.89
	16	0.866			
	17	0.885			
	18	0.757			
	19	0.773			
	23	0.830			
	24	0.621			
Gerencial	1	0.448	0.47	0.85	0.83
	2	0.670			
	3	0.717			
	4	0.708			
	5	-0.016			
	12	0.900			
	13	0.897			
	14	0.682			
Mão de obra	6	0.782	0.32	0.68	0.86
	11	0.331			
	20	0.401			
	21	0.826			
	22	0.281			

Projeto	7	-0.115	0.35	0.59	0.82
	8	0.745			
	9	0.532			
	10	0.750			

Após a avaliação das opções, decidiu-se por omitir os fatores com correlações mais baixas das variáveis gerencial, mão de obra e projeto. Não é feita modificação na variável aspectos externos, já que atingiu os mínimos necessários para aceitação. Com a modificação, os fatores 5, 7 e 22 são omitidos do modelo, resultando em uma nova configuração de estrutura, chamada de modelo II e representada na Figura 4.2.

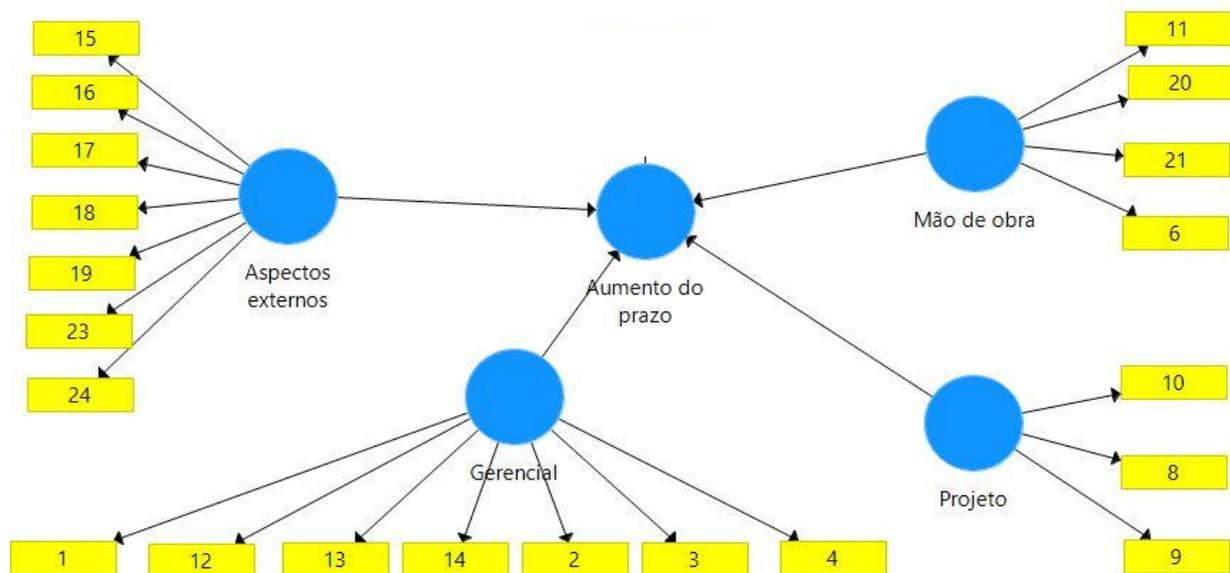


Figura 4.2 – Estrutura de modelo II.

Com esse novo modelo, modificado do modelo I proposto por Feitoza (2014), faz-se um novo processamento que resulta nos valores dados pela Tabela 4.12.

Dos resultados acima, percebe-se que a retirada das variáveis impacta positivamente nos valores das correlações e dos parâmetros de validade de convergência. Com relação às correlações, nenhum dos fatores fica com número abaixo de 0.400 e sete ficam entre 0.401 e 0.700 (todos resultando no aumento do CR), como no modelo I. Quanto aos valores de AVE, CR e *Alpha*, todas as variáveis atingem mais do que 0.50, 0.70 e 0.70, respectivamente. Sendo assim, passa-se para a validade de discriminação por correlações cruzadas, cujo resultado é mostrado pela Tabela 4.13.

Tabela 4.12 – Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo II.

Variável	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Aspectos externos	15	0.674	0.60	0.91	0.89
	16	0.866			
	17	0.885			
	18	0.757			
	19	0.773			
	23	0.830			
	24	0.621			
Gerencial	1	0.439	0.55	0.89	0.87
	2	0.650			
	3	0.736			
	4	0.759			
	12	0.898			
	13	0.905			
	14	0.711			
Mão de obra	6	0.787	0.56	0.83	0.81
	11	0.528			
	20	0.678			
	21	0.933			
Projeto	8	0.910	0.68	0.86	0.88
	9	0.686			
	10	0.858			

Tabela 4.13 – Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo II.

Fator	Aspectos externos	Gerencial	Mão de obra	Projeto
15	0.674	0.519	0.409	0.229
16	0.866	0.525	0.508	0.454
17	0.885	0.393	0.475	0.294
18	0.757	0.324	0.539	0.313
19	0.773	0.308	0.459	0.267
23	0.830	0.581	0.536	0.343
24	0.621	0.498	0.491	0.369
1	0.457	0.439	0.381	0.302
2	0.459	0.650	0.455	0.251
3	0.329	0.736	0.500	0.263
4	0.558	0.759	0.642	0.377
12	0.511	0.898	0.503	0.396
13	0.518	0.905	0.443	0.304

14	0.540	0.711	0.344	0.192
6	0.516	0.345	0.787	0.377
11	0.451	0.468	0.528	0.349
20	0.588	0.544	0.678	0.201
21	0.561	0.619	0.933	0.299
8	0.526	0.419	0.402	0.910
9	0.486	0.445	0.349	0.686
10	0.322	0.342	0.292	0.858

Mensura-se a validade de discriminação pelo método de correlações cruzadas pela comparação da correlação dos fatores e suas variáveis de origem com as correlações dos fatores e as outras variáveis. Na tabela 4.13, nota-se que todos os fatores, exceto o número 1, apresentam correlação dominante com sua respectiva variável de origem. Neste caso, é necessário mais uma vez que se modifique o modelo para que todos, sem exceção, estejam de acordo com essa regra.

Dessa forma, avaliadas as alternativas, opta-se por retirar o fator 1 do modelo criando-se o modelo III (Figura 4.3), com estrutura proposta por Feitoza (2014) ainda preservada. Com essa iteração, é possível ver nas Tabelas 4.14 e 4.15 que todos os requisitos foram cumpridos e, conseqüentemente, é possível chegar ao resultado final do modelo na Figura 4.4.

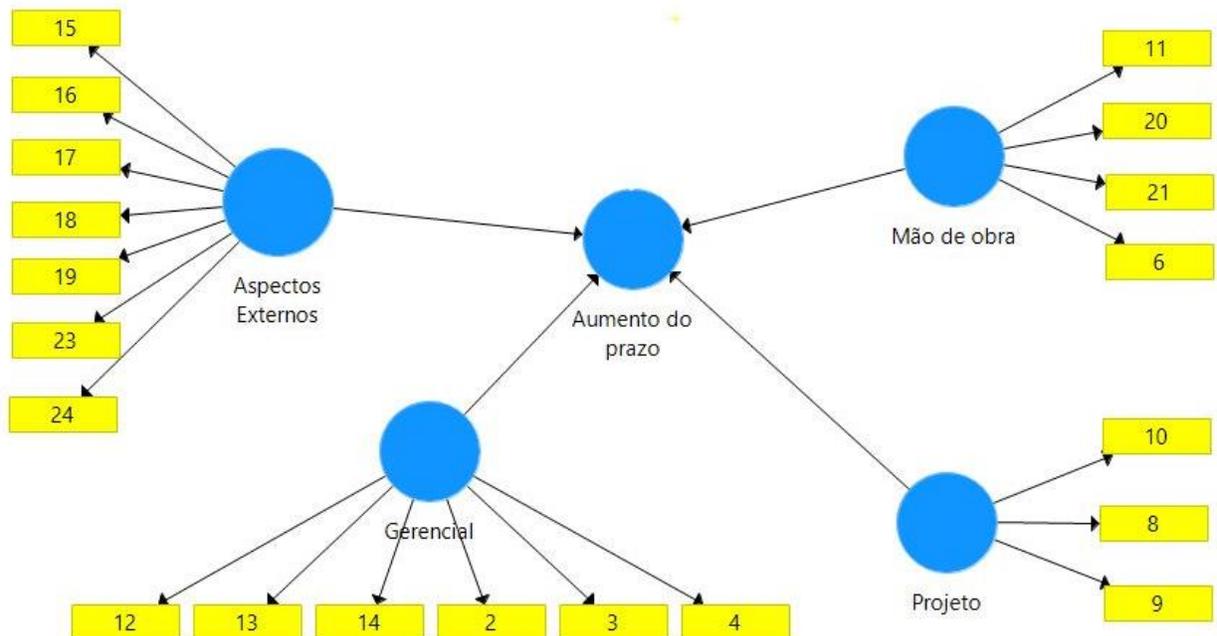


Figura 4.3 – Estrutura de modelo III.

Tabela 4.14 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo III.

Variável	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Aspectos externos	15	0.674	0.60	0.91	0.89
	16	0.866			
	17	0.885			
	18	0.757			
	19	0.773			
	23	0.830			
	24	0.621			
Gerencial	2	0.65	0.61	0.90	0.87
	3	0.736			
	4	0.759			
	12	0.898			
	13	0.905			
	14	0.711			
Mão de obra	6	0.787	0.56	0.83	0.81
	11	0.528			
	20	0.678			
	21	0.933			
Projeto	8	0.910	0.68	0.86	0.88
	9	0.686			
	10	0.858			

Tabela 4.15 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo III.

Fator	Aspectos externos	Gerencial	Mão de obra	Projeto
15	0.674	0.520	0.409	0.229
16	0.866	0.525	0.508	0.454
17	0.885	0.394	0.475	0.294
18	0.757	0.324	0.539	0.313
19	0.773	0.309	0.459	0.267
23	0.830	0.582	0.536	0.343
24	0.621	0.498	0.491	0.369
2	0.459	0.650	0.455	0.251
3	0.329	0.736	0.500	0.263
4	0.558	0.759	0.642	0.377
12	0.511	0.898	0.503	0.396
13	0.518	0.905	0.443	0.304
14	0.540	0.711	0.344	0.192
6	0.516	0.346	0.787	0.377
11	0.451	0.468	0.528	0.349

20	0.588	0.545	0.678	0.201
21	0.561	0.619	0.933	0.299
8	0.526	0.419	0.402	0.910
9	0.486	0.445	0.349	0.686
10	0.322	0.342	0.292	0.858

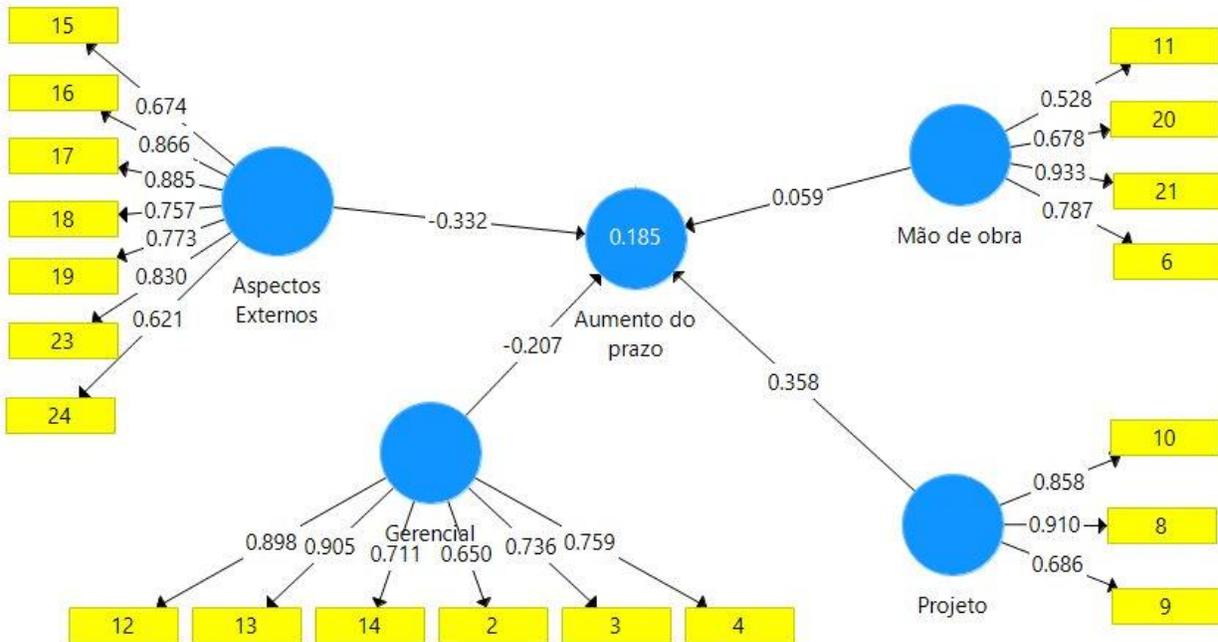


Figura 4.4 – Modelo III com suas relações estruturais

Com valor final de $R^2 = 0.185$, tem-se que o modelo cai na categoria de resultado moderado. Isso significa que com essa estrutura, o modelo não consegue prever de forma substancial o fenômeno de aumento do custo.

Analisando agora os coeficientes de caminho (β), nota-se que a variável fatores de projeto é a que mais se relacionou com aumento do prazo. De forma negativa, a variável fatores de aspectos externos também se mostrou com relações significativas.

Tendo esses resultados, calcula-se o GoF pela equação (8) e chega-se ao número de 0.34. Assim como nos parâmetros para o R^2 , o GoF atinge apenas a marca para modelos PLS com resultados moderados.

4.2.2. MODELO COM ESTRUTURA PROPOSTA PELO AUTOR

Objetivou-se com este modelo criar uma estrutura que ao mesmo tempo fosse coerente com os 24 fatores de estudo e promova um resultado substancial. Para isso, várias configurações foram testadas até que se chegasse à estrutura que possibilitasse um resultado como o descrito.

As variáveis exógenas utilizadas na nova estrutura são as de fatores de gerência, fatores imprevisíveis, fatores de mão de obra, fatores ligados a fornecedores, fatores de produtividade de recursos e fatores de projetos.

Dentre estas variáveis, apenas a de projetos se manteve igual à utilizada no modelo de Feitoza (2014). Já as variáveis de gerência e mão de obra perderam um fator cada uma. As demais (imprevisíveis, fornecedores e produtividade) são variáveis com nova concepção.

A variável de fatores imprevisíveis é constituída pelos fatores que, no contexto da construção nacional, são considerados de difícil previsão, tais como, os de efeitos do clima (24), acidentes durante a construção (23) e defeitos de equipamentos (19). Este último elemento é incluído nesta variável pois no paradigma brasileiro, a manutenção de equipamentos e máquinas não é realizada de forma correta na maioria dos casos, podendo resultar em falhas inesperadas

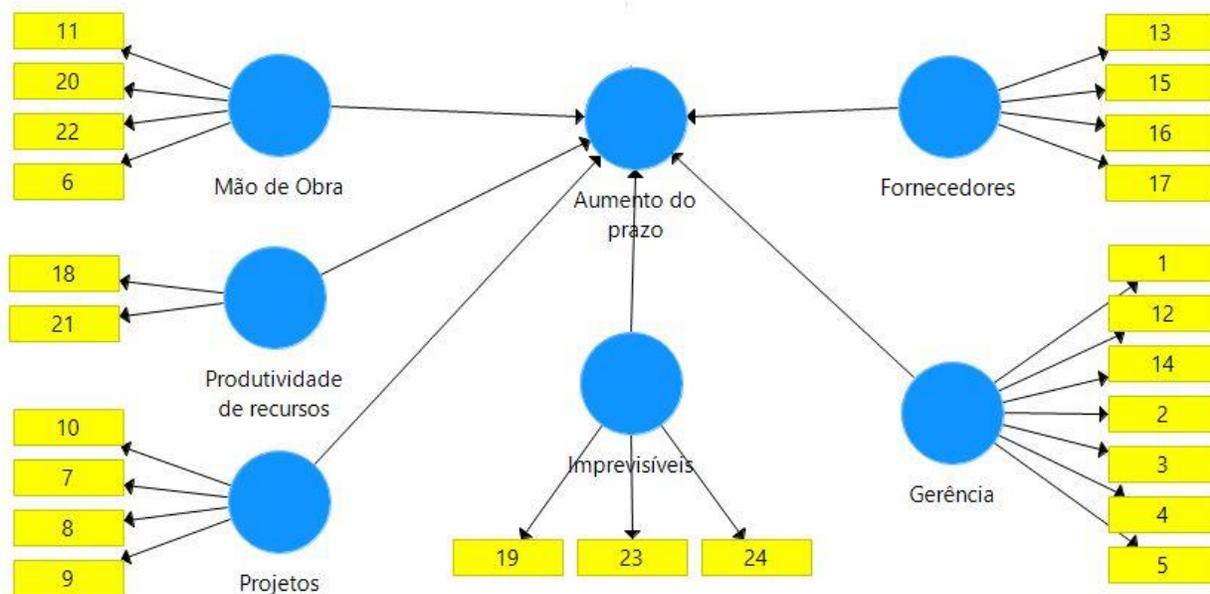
Por sua vez, a variável fornecedores é constituída por fatores que atribuem aos fornecedores problemas que afetam o atraso de construções. Dentro deste grupo estão os fatores: atraso na entrega de material, atraso por material entregue com defeito, escassez de materiais de construção civil no mercado e escassez de equipamentos. Todos podem ser categorizados como resultantes de falhas no processo de fornecimento.

É interessante ressaltar que, no cenário nacional, mesmo as empresas com sistema de gestão da qualidade apresentam um controle de qualidade de fornecedores abaixo do razoável. Diante dessa realidade, buscou-se reunir em um grupo os fatores relacionados ao fornecimento de insumos para as obras.

O terceiro grupo criado é o de produtividade de recursos. Entende-se por recursos neste caso a soma da mão de obra com equipamentos. Dois fatores compõem essa variável, a baixa produtividade da mão de obra e a baixa eficiência e produtividade de equipamentos.

Objetivou-se com essa variável distinguir a importância que a produtividade tem sobre o aumento do prazo de obras, verificando se o modelo criado ratifica a opinião dos questionados quanto a influência no atraso de obras.

Tendo isso em vista, é apresentada na Figura 4.5 a estrutura do modelo proposta pelo autor no seu modo original (posteriormente será avaliada e revisada), e assim como no caso do modelo proposto por Feitoza (2014), é feito o passo-a-passo até a sua configuração final de fatores e variáveis tendo cumpridos todos os requisitos de avaliação.



. Figura 4.5 – Estrutura do modelo A proposta pelo autor

O primeiro passo de avaliação do modelo é dado pelas correlações encontradas dos fatores com suas variáveis de origem. A Tabela 4.16 apresenta os resultados da primeira iteração para a estrutura proposta pelo autor, identificada como modelo A.

Tabela 4.16 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo A.

Variável exógena	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Gerência	1	0.481	0.528	0.867	0.834
	2	0.728			
	3	0.752			
	4	0.717			
	5	-0.059			
	12	0.886			
	14	0.624			
Imprevisíveis	19	0.687	0.687	0.866	0.81
	23	0.976			
	24	0.798			
Mão de obra	6	0.582	0.628	0.869	0.807
	11	-0.301			
	20	-0.367			
	22	-0.52			
Fornecedores	13	0.715	0.693	0.868	0.883
	15	0.679			
	16	0.915			
	17	0.838			
Produtividade de recursos	18	0.858	0.733	0.846	0.636
	21	0.855			
Projetos	7	-0.115	0.679	0.862	0.884
	8	0.745			
	9	0.532			
	10	0.75			

Os resultados para o modelo apresentam o mesmo cenário vivenciado no modelo I: correlações negativas ou abaixo do valor mínimo de 0.400. Para a variável de gerência, o item 5 é abandonado e para a variável de projetos, o item 7 é abandonado. Os dois fatores obtiveram valores negativos e foram automaticamente considerados fora dos níveis aceitáveis.

No caso da variável de mão de obra, é apresentada a peculiaridade de um resultado com apenas um fator com correlação positiva. Conclui-se que a construção da estrutura variável-fatores feita pelo software *SmartPLS* apresentou, por motivos desconhecidos, um resultado que indica um fator não concordante de maneira positiva e os que mais se assemelham com sinais negativas. Decidiu-se por eliminar o fator 6 por falta de coerência com os outros fatores. O resultado dessa decisão é mostrado na Tabela 4.17.

Quanto aos coeficientes AVE, CR e *Cronbach's Alpha* conclui-se que o modelo, apesar da necessidade de algumas alterações, já possa ser utilizado nas avaliações de validade de convergência. Todos os números apresentados estão acima dos limites mínimos estipulados.

Sendo assim, a nova estrutura é mostrada na Figura 4.6, com as omissões dos fatores 5, 7 e 6, resultando no modelo B.

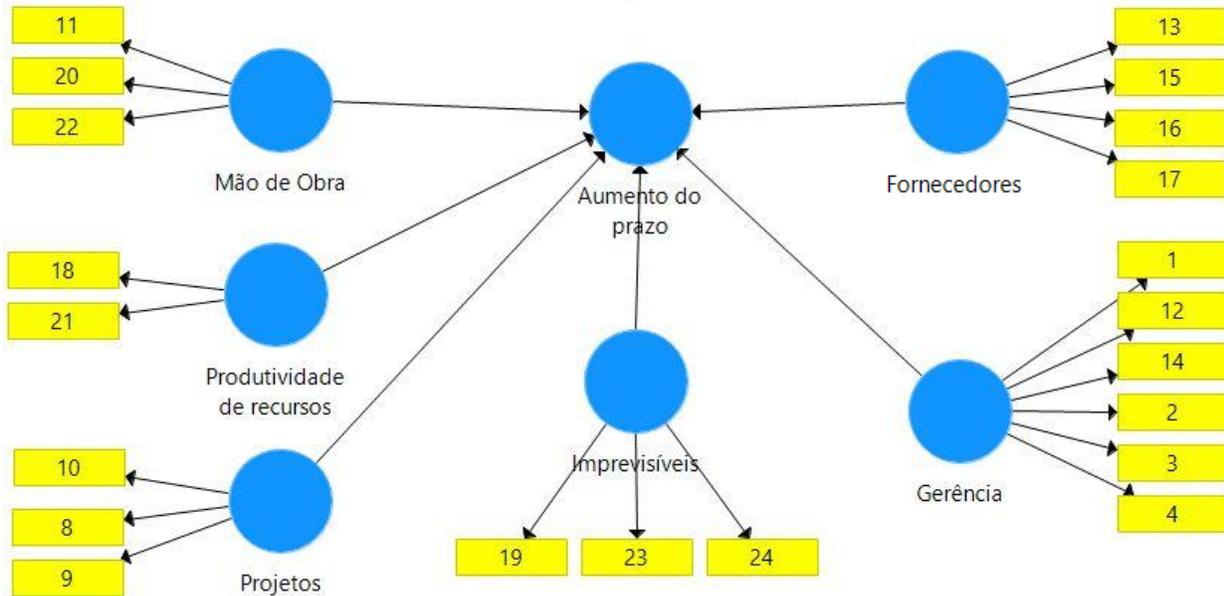


Figura 4.6 – Estrutura do modelo B.

Nesta nova configuração, parte-se novamente para a avaliação de confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência.

O panorama observado na Tabela 4.17 é positivo, apresentando todos os valores acima dos limites mínimos dados na metodologia. Note que a decisão tomada para a variável de mão de obra surtiu o efeito esperado; a retirada do fator 6 retificou a correlação que os outros fatores possuíam com a variável.

Com esta parte considerada concluída, parte-se para a avaliação da validade de discriminação, dada pela Tabela 4.18 para o modelo B.

Tabela 4.17 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo B.

Variável exógena	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Gerência	1	0.470	0.528	0.867	0.834
	2	0.704			
	3	0.779			
	4	0.785			
	12	0.887			
	14	0.665			
Imprevisíveis	19	0.687	0.687	0.866	0.81
	23	0.976			
	24	0.798			
Mão de obra	11	0.644	0.628	0.869	0.807
	20	0.817			
	22	0.998			
Fornecedores	13	0.715	0.693	0.868	0.883
	15	0.679			
	16	0.915			
	17	0.838			
Produtividade de recursos	18	0.858	0.733	0.846	0.636
	21	0.855			
Projetos	8	0.910	0.679	0.862	0.884
	9	0.686			
	10	0.858			

Tabela 4.18 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo B.

Fator	Gerência	Imprevisíveis	Mão de Obra	Fornecedores	Produtividade	Projetos
1	0.47	0.544	0.294	0.383	0.321	0.302
2	0.704	0.479	0.476	0.466	0.367	0.251
3	0.779	0.402	0.274	0.392	0.32	0.263
4	0.785	0.504	0.314	0.607	0.595	0.377
12	0.887	0.502	0.193	0.655	0.476	0.396
14	0.665	0.43	0.247	0.558	0.479	0.192
19	0.335	0.687	0.422	0.62	0.578	0.267
23	0.578	0.976	0.382	0.667	0.532	0.343
24	0.492	0.798	0.299	0.495	0.402	0.369
11	0.493	0.357	0.644	0.48	0.522	0.349
20	0.558	0.488	0.817	0.607	0.654	0.201
22	0.362	0.424	0.998	0.483	0.627	0.135
13	0.634	0.508	0.226	0.715	0.452	0.304
15	0.515	0.576	0.422	0.679	0.53	0.229

16	0.528	0.556	0.439	0.915	0.694	0.454
17	0.398	0.654	0.458	0.838	0.633	0.294
18	0.318	0.444	0.414	0.708	0.858	0.313
21	0.641	0.533	0.645	0.538	0.855	0.299
8	0.416	0.454	0.311	0.527	0.416	0.91
9	0.45	0.422	0.136	0.52	0.327	0.686
10	0.361	0.282	0.043	0.339	0.244	0.858

De forma paralela à do modelo II de Feitoza (2014), o modelo B do autor deste trabalho também encontrou no fator número 1 um ponto para a negação do modelo. Mesmo procedimento é utilizado, com a exclusão do fator e o reinício das avaliações do modelo revisado.

Apresenta-se o modelo C na Figura 4.7, agora com o acúmulo de 4 fatores excluídos comparado ao modelo A proposto. Nas Tabelas 4.19 e 4.20 são apresentados os novos resultados para as avaliações de confiabilidade individual dos fatores, validade de convergência e validade de discriminação para o modelo C.

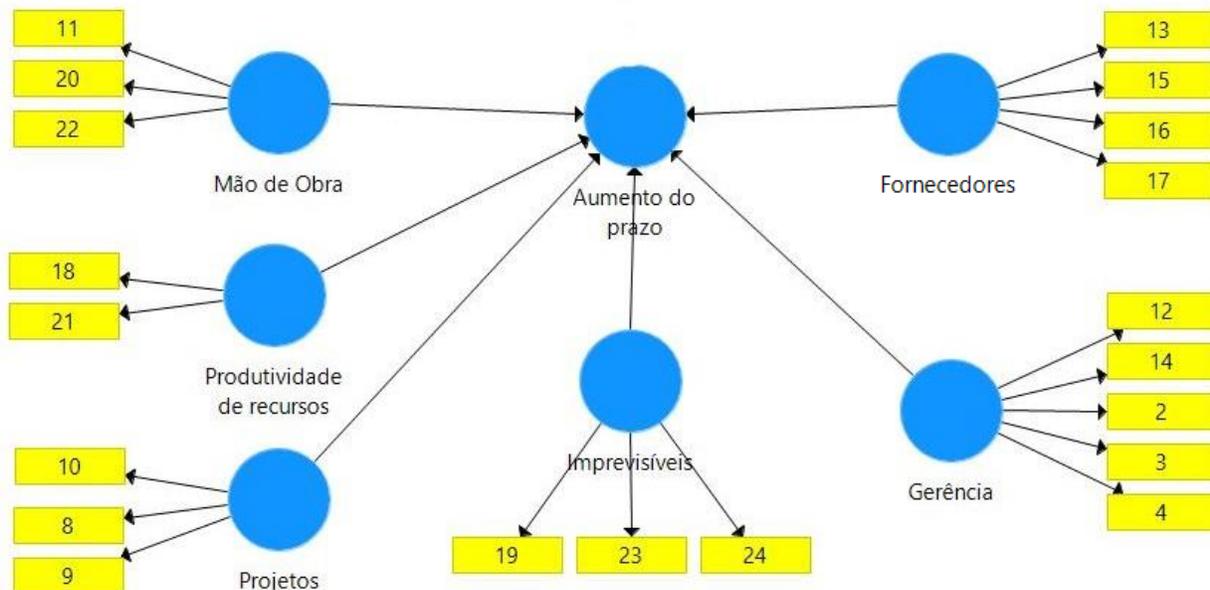


Figura 4.7 – Estrutura do modelo C.

Tabela 4.19 - Confiabilidade individual dos fatores e validade de convergência do modelo C.

Variável exógena	Fator	Correlação	AVE	CR	Alpha
Gerência	2	0.704	0.59	0.877	0.831
	3	0.779			
	4	0.785			
	12	0.887			
	14	0.665			
Imprevisíveis	19	0.687	0.687	0.866	0.810
	23	0.976			
	24	0.798			
Mão de obra	11	0.644	0.628	0.869	0.807
	20	0.817			
	22	0.998			
Fornecedores	13	0.715	0.693	0.868	0.883
	15	0.679			
	16	0.915			
	17	0.838			
Produtividade de recursos	18	0.858	0.733	0.846	0.636
	21	0.855			
Projetos	8	0.910	0.679	0.862	0.884
	9	0.686			
	10	0.858			

Tabela 4.20 - Validade de discriminação feito por correlações cruzadas do modelo C.

Fator	Gerência	Imprevisíveis	Mão de Obra	Fornecedores	Produtividade	Projetos
2	0.705	0.479	0.476	0.466	0.367	0.251
3	0.779	0.402	0.274	0.392	0.32	0.263
4	0.785	0.504	0.314	0.607	0.595	0.377
12	0.887	0.502	0.193	0.655	0.476	0.396
14	0.665	0.43	0.247	0.58	0.479	0.192
19	0.336	0.687	0.422	0.62	0.578	0.267
23	0.579	0.976	0.382	0.667	0.532	0.343
24	0.493	0.798	0.299	0.495	0.402	0.369
11	0.493	0.357	0.644	0.48	0.522	0.349
20	0.558	0.488	0.817	0.607	0.654	0.201
22	0.362	0.424	0.998	0.483	0.627	0.135
13	0.633	0.508	0.226	0.715	0.452	0.304
15	0.516	0.576	0.422	0.679	0.53	0.229
16	0.528	0.556	0.439	0.915	0.694	0.454

17	0.399	0.654	0.458	0.838	0.633	0.294
18	0.318	0.444	0.414	0.708	0.858	0.313
21	0.641	0.533	0.645	0.538	0.855	0.299
8	0.416	0.454	0.21	0.527	0.416	0.91
9	0.45	0.422	0.136	0.52	0.327	0.686
10	0.362	0.282	0.043	0.339	0.244	0.858

Em todas as avaliações apresentadas, confere-se que os resultados passam, possibilitando prosseguir para a avaliação de relacionamento estrutural. Mas antes, observa-se o fato de que dos fatores retirados dos modelos A e B (1, 5, 6 e 7), três também foram omitidos na modelagem com a estrutura proposta por Feitoza (2014), quais sejam o atraso na mobilização da obra, o conflito entre partes e a complexidade do projeto.

Esse fato indica que estes fatores não estão de acordo com o resultado encontrado dos outros fatores. São assim, considerados pontos fora da curva pois apresentam correlações não expressivas o bastante para serem consideradas representativas com seus semelhantes.

Somando-se as modificações e resultados acima, apresenta-se na Figura 4.8 o modelo C com suas relações estruturais abaixo.

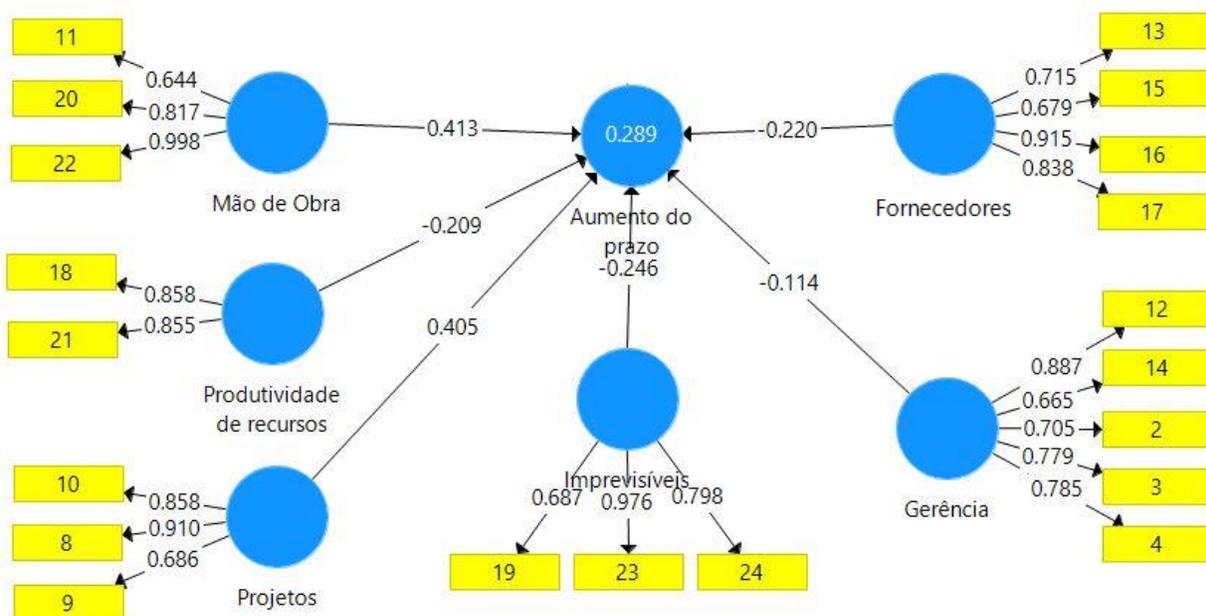


Figura 4.8 – Modelo C com relações estruturais.

O resultado de R^2 para o modelo C da estrutura proposta pelo autor alcança o valor de 0.289, resultado esse que Memon e Rahman (2013) consideram como substancial ($R^2 > 0.26$). Conclui-se por esse resultado que o modelo C do fenômeno de aumento do prazo possui uma acurácia de previsão representativa.

Isso significa que, em comparação com a estrutura de agrupamento de fatores proposta por Feitoza (2014), o modelo C, última variação da estrutura proposta pelo autor, melhora o poder de explicação do comportamento do fenômeno estudado.

Em relação aos coeficientes de caminho, o modelo C também apresenta um panorama mais expressivo. Com as variáveis de mão de obra e de projeto atingindo valores acima de 0.4, estas se mostram bastante relacionadas com o aumento do prazo. Isso vai ao encontro dos resultados encontrados na etapa 1, onde os fatores das duas variáveis destacaram-se como os mais importantes na influência do aumento de prazo.

O mais interessante desse resultado é que o modelo reflete a relação entre as opiniões dos entrevistados quanto à importância de fatores que influenciam no aumento do prazo e a real situação das obras nas quais estes profissionais atuam. Uma alta relação positiva de um coeficiente de caminho indica que o nível de importância dada aos fatores ligados à variável possui relação direta com o aparecimento do fenômeno de atraso das obras.

Por outro lado, o resultado negativo das outras variáveis indica que a importância dada aos fatores ligados a essas não possui uma relação direta com o aparecimento do fenômeno estudado. Para as variáveis de produtividade de recursos o resultado é interessante pois com um coeficiente de -0.209, conclui-se que a relação entre opinião de importância dos fatores 18 e 21 e o real aparecimento do fenômeno não é algo direto ou, no máximo, tem expressividade moderada.

Para finalizar, é feito o cálculo do *Goodness of Fit*, utilizando o resultado de R^2 e o cálculo da média dos coeficientes AVE. O valor calculado é de $GoF = 0.44$, valor considerado por Memon e Rahman (2013) para modelos com alta performance global.

Com esse último número, conclui-se a etapa 2 com duas estruturas modeladas, avaliadas, analisadas e comparadas sobre o fenômeno de aumento do prazo de obras. Com resultados distintos, a estrutura proposta pelo autor se mostrou mais promissora e relevante para a modelagem da influência de fatores no atraso de obras.

5. CONCLUSÃO

Desde o início, o presente estudo procurou entender como, no Brasil, o aumento do custo e do prazo na construção civil é influenciado por fatores de produtividade.

Para isso, introduziu-se o conceito de produtividade, descrevendo sua utilização na construção civil, a sua influência no resultado final das obras de construção e, principalmente, a sua relação com o aumento do custo e aumento do prazo.

Conclui-se dos conceitos apresentados que os fatores ligados à produtividade abordados neste trabalho são todos aqueles que têm o potencial de modificar, influenciar, maximizar ou diminuir o poder de se produzir, ou seja, são os fatores que têm o poder de determinar o sucesso ou não de uma produção.

O trabalho focou-se em dois dos três principais elementos responsáveis pelo sucesso de um projeto de construção, o custo e o prazo. Observou-se que a influência dos fatores de produtividade sobre esses dois pilares é inegável. Estudos em diversas partes do mundo ratificam e concordam com isso.

Assim, o estudo foi válido, principalmente diante do cenário de crise experimentado pelo setor da construção em tempos recentes.

Como resultado, elaborou-se uma metodologia que ilustra como são influenciados, o custo e o prazo, por fatores de produtividade, baseando-se em estudos anteriores realizados em outros países. O objetivo foi comparar os nossos resultados com os de outras realidades.

Com essas percepções apresentou-se o resultado do tratamento de dados da pesquisa realizada por Feitoza (2014), onde várias conclusões puderam ser retiradas e um perfil de influência pôde ser traçado.

Com as tabelas de RIIs, concluiu-se que os fatores ligados à mão de obra são vistos como os mais importantes no aumento do custo e do prazo de obras. A baixa qualificação e a baixa produtividade dos trabalhadores do setor, somados à recorrente prática do retrabalho, afetam de forma incisiva no descontrole dos parâmetros de custo e prazo.

De forma paralela à observada na realidade brasileira, concluiu-se por meio de pesquisa na bibliografia internacional que este paradigma não é exclusivo do Brasil. Vários países em desenvolvimento apresentam situação parecida.

Também fez-se notar a importância de fatores ligados à projetos. Estes foram analisados como resultantes da realidade do país, onde ainda pouca importância dá à fase de design de um projeto de empreendimento.

Com os resultados, buscou-se entender até que ponto a categorização em cargos e níveis de planejamento distintos dos profissionais os influencia na percepção da importância de fatores de produtividade no aumento do custo e do prazo.

Por meio da utilização dos métodos de Spearman e Pearson, chegou-se à conclusão em duas ocasiões de que a visão entre gerente de obras e engenheiro residente é bastante semelhante. Apesar de não fornecer mais conclusões no caso do estudo feito para o aumento do custo, ainda foi possível inferir que, de modo geral, as visões entre os profissionais em cargos hierarquicamente próximos são mais semelhantes que as de profissionais em níveis muito distintos.

Seguindo para a segunda parte do trabalho, foi proposta a modelagem do fenômeno de aumento de prazo pelo método PLS-SEM para verificar como os fatores de produtividade afetavam no aumento do prazo das obras brasileiras.

Para isso, criaram-se duas estruturas de modelagem que ao final foram comparadas e analisadas quanto aos resultados apresentados. Como foi visto, a estrutura de organização de fatores proposta por Feitoza (2014) resultou em um modelo final com poder moderado de explicação do problema, ou seja, com uma performance considerada mediana.

Por outro lado, a sugestão apresentada pelo autor, de estrutura em seis variáveis, resultou em um modelo de poder de explicação substancial do aparecimento do fenômeno, resultado que atesta a modelagem do fenômeno como de alto desempenho.

Dos resultados que podem ser considerados relevantes, está a apresentação de coeficientes de caminho que indicam uma relação direta entre as variáveis de mão de obra e de projetos com o aumento do prazo de obras.

Esse resultado indica que numa análise numérica é também confirmado o paradigma do setor onde a força de trabalho e o planejamento de projetos são os fatores mais influenciadores no aumento do prazo de obras.

Com os resultados apresentados, finaliza-se este trabalho entendendo cumpridos todos os objetivos propostos inicialmente. Apesar do maior enfoque no estudo do aumento do prazo frente ao do aumento de custo, devido à falta de um número mais expressivo de fatores para análise, conclui-se que este documento representa uma nova contribuição para o setor da construção civil, que ganha mais um estudo a indicar em que áreas devem ser investidos esforços na busca incessante da minimização dos problemas geradores da frequente elevação dos custos e do aumento dos prazos.

5.1. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Da execução do presente estudo, lista-se abaixo algumas sugestões para futuros trabalhos na mesma linha de pesquisa.

- Estudar o aumento do custo nas construções brasileiras com um número maior de fatores de influência, e que sejam estes baseados na literatura internacional, para que se possa criar um resultado mais completo e fiel à realidade do setor, com melhores condições de comparação com estudos anteriores.
- Refazer o estudo buscando contemplar outros *stakeholders* (consultores, terceirizadas, incorporadores, contratantes, etc.) no processo de questionamento. Essa ação possibilitaria um entendimento melhor de como outras partes de um projeto de empreendimento veem e avaliam a importância dos fatores de influência sobre os fenômenos de aumento do custo e do prazo.
- Investigar se, com um questionário montado com o pensamento voltado para a criação de uma modelo pelo método PLS-SEM, o resultado seria ainda mais expressivo que o criado para aumento de prazo.
- Modelar o fenômeno de aumento do custo para a realidade brasileira, seguindo os passos utilizados neste estudo, para complementar a análise iniciada pelo autor desta monografia.

- Estudar os motivos aos quais levaram os fatores com RIIs mais elevados a serem motivo de preocupação para os questionados. Indicar com estudos e análises do setor possíveis soluções para a mitigação da influência nos aumentos de custo e prazo de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MOMANI, A. H. Construction delay: a quantitative analysis. **International journal of project management**, v. 18, n. 1, p. 51-59, 2000.

ALWI, S.; HAMPSON, K. Identifying the important causes of delays in building construction projects. **Proc., 9th East Asia-Pacific Conf. on Structural Engineering and Construction**, Bali, Indonesia, Institut Teknologi Bandung, Nusa Dua, Bali, Indonesia. 2003.

AMEH, O. J.; OSEGBO, E. E. Study of relationship between time overrun and productivity on construction sites. **International Journal of Construction Supply Chain Management**, v. 1, n. 1, p. 56-67, 2011.

AMEH, O. J.; SOYINGBE, A. A.; ODUSAMI, K. T. Significant factors causing cost overruns in telecommunication projects in Nigeria. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 15, n. 2, p. 49-67, 2010.

ARDITI, D.; AKAN, G. T.; GURDAMAR, S. Reasons for delays in public projects in Turkey. **Construction Management and Economics**. 3(2): 171-181. 1985.

ASSAF, S. A.; AL-HEJJI, S. Causes of delay in large construction projects. **International journal of project management**, v. 24, n. 4, p. 349-357, 2006.

ASSAF, S. A.; AL-HEJJI, S. Causes of delay in large construction projects. **Int. J. Proj. Manage.** 24_4_, 349-357. 2006.

ASSAF, S. A.; AL-KHALIL, M.; AL-HAZMI, M. Causes of delay in large building construction projects. **J. Manage. Eng.**, 1_2_, 45-50. 1995.

BARCLAY, D. W.; THOMPSON, R.; HIGGINS, C. The Partial Least Squares (PLS) Approach to Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use an Illustration. **Technology Studies**, 2(2), 285-309. 1995.

CBIC. PIB e Construção Civil. Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil> >. Acessado em: 07/07/2015

CHIN, W. W. How to Write Up and Report PLS Analyses. In V. Esposito Vinzi et al. (Eds.), **Handbook of Partial Least Squares**, Springer Handbooks of Computational Statistics: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 655-690. 2010.

CHIN, W. W. The partial least squares approach to structural equation modelling. In Marcoulides, G.A. (ed.) **Modern Methods for Business Research**, Erlbaum, Mahwah, NJ: 295-336. 1998.

CHURCHILL, G. A. A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs. **Journal of Marketing Research**, 16, 64-73. 1979.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Second Edition, John Wiley & Sons, Inc. 2011.

EL-GOHARY, K. M.; AZIZ, R. F. Factors influencing construction labor productivity in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, 30(1), 1-9, 2013.

EL-RAZEK, M. E. A.; BASSIONI, H. A.; MOBARAK, A. M. Causes of delay in building construction projects in Egypt. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 11, p. 831-841, 2008.

ENSHASSI, A.; MOHAMED S.; ABUSHABAN S. Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza Strip. **Journal of Civil Engineering and Management**, 15(3): 269-280, 2009.

FARIDI, A. S.; EL-SAYEGH, S. M. Significant factors causing delay in the UAE construction industry. **Construction Management and Economics**. 24(11): 1167-1176. 2006.

FEITOZA, V. A. S. **Influência do sistema de gestão de produtividade no custo e prazo de execução dos empreendimentos do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Construções Civas, Publicação: XXX, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 128 p, 2014.

FLYVBJERG, B.; SKAMRIS HOLM, M. K.; BUHL, S. L. How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? **Transport reviews**, v. 23, n. 1, p. 71-88, 2003.

FORNELL, C.; LARCKER, D. F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. **Journal of Marketing Research**, 18(1), 39-50. 1981.

FRIMPONG, Y.; OLUWOYE, J.; CRAWFORD, L. Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. **International Journal of project management**, v. 21, n. 5, p. 321-326, 2003.

GUNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; OZDEMIR, M. Quantification of delay factors using the relative importance index for construction projects in turkey. **Journal of Management in Engineering**, Vol. 29, No. 2, April 1, 2013.

HAIR JR, J. F.; SARSTEDT M.; HOPKINS L.; KUPPELWIESER V. G. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). **European Business Review**, Vol. 26 Iss 2 pp. 106 – 121. 2014.

HAIR, J. F.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. **Journal of Marketing Theory and Practice**, v. 19, n. 2, p. 139-152, 2011.

HALLIGAN, D. W.; DEMSETZ, L. A.; BROWN, J. D.; PACE, C. B. Action-response model and loss of productivity in construction. **J. Constr. Eng. Manage.**, 10/1061/ (ASCE) 0733-9364(1994)120:1(47), 47-64, 1994.

HORNER, R. M. W.; TALHOUNI, B. T. Effects of accelerated working, delays and disruption on labor productivity, **Chartered Institute of Building**, Ascot, Berkshire, UK., 1-37, 1998.

HUSSIN, J. M.; RAHMAN, I. A.; MEMON, A. H. The way forward in sustainable construction: issues and challenges. **International Journal of Advances in Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 15-24, 2013.

JARKAS, A. M. Analysis and measurement of buildability factors influencing rebar installation labor productivity on in situ reinforced concrete walls. **Journal of Architectural Engineering**, Vol. 18, No 1, March 1, 2012-1.

JARKAS, A. M. Buildability factors influencing concreting labor productivity. **Journal of construction engineering and management**, Vol. 138, No. 1, January 1, 2012-2.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. Factors affecting construction labor productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2012.

KALIBA, C.; MU YA, M.; MUMBA, K. Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. **International Journal of Project Management**. 25(5):522-531. 2009.

KAMING, P. F.; OLOMOLAIYE, P.O.; HOLT, G. D.; HARRIS, F. C. Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. **Construction Management and Economics**. 15(1): 83-94. 1997.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; TUNCBILEKLI, N. A. Causes of delays in construction projects in Turkey. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 18, n. 3, p. 426-435, 2012.

KOUSHKI, P. A.; AL-RASHID, K.; KARTAM, N. Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait. **Construction Management and Economics**. 23(3): 285-294. 2005.

KOUSHKI, P. A.; AL-RASHID, K.; KARTAM, N. Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait. **Construction Management and Economics**, v. 23, n. 3, p. 285-294, 2005.

LE-HOAI, L.; DAI LEE, Y.; LEE, J. Y. Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. **KSCE journal of civil engineering**, v. 12, n. 6, p. 367-377, 2008.

LIM, C. S.; MOHAMED, M. Z. Na exploratory study into recurring construction problems. **International Journal of Project Management**. 18(3): 267-273. 2000.

LIYOU, F.; BORCHERDING, J. D. Work sampling can predict unit rate productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1986.

LO, T. Y.; FUNG, I. W. H.; TUNG, K. C. F. Construction delays in Hong Kong civil engineering projects. **Journal of Civil Engineering and Management**. ASCE 132(6): 636-649. 2006.

MANESH, B. R.; ARVIN, M.; MOGHIMNEJAD, M. An investigation of the relation between productivity of human force and psychological empowerment. **Indian J.Sci.Res.** 4 (6): 540-546, 2014.

MEMON, A. H.; RAHMAN, I. A. Analysis of cost overrun factors for small scale construction projects in Malaysia using PLS-SEM method. **Modern Applied Science**, Vol. 7, No. 8, July 19, 2013.

MICHAELIS, Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. Disponível em: < <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=produtividade> >. Acessado em: 24/11/2015

MOURA, H. M. P.; TEIXEIRA, J. M. C.; PIRES, B. Dealing with cost and time in the Portuguese construction industry. 2007.

MYDIN, M. O.; SANI, N. M.; TAIB, M.; ALIAS, N. M. Imperative Causes of Delays in Construction Projects from Developers' Outlook. In **MATEC Web Of Conferences** (Vol. 10, p. 06005). EDP Sciences. 2014.

NUNNALLY, J. C. **Psychometric theory**. New York: McGraw-Hill. 1976.

ODEH, A. M.; BATTAINEH, H. T. Causes of construction delay: traditional contracts. **International journal of project management**, v. 20, n. 1, p. 67-73, 2002.

OMOREGIE, A.; RADFORD, D. Infrastructure delays and cost escalation: Causes and effects in Nigeria. In: **Proceeding of sixth international postgraduate research conference**, p. 79-93, 2006.

PARK, H.; THOMAS, S. R.; TUCKER, R. L. Benchmarking of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 131, No. 7, July 1, 2005.

PBQP-H. Sobre o programa. Disponível em: < <http://www.pbqp-h.com.br/Programa.aspx> >. Acessado em: 24/06/2015.

RAHMAN, I. A.; MEMON, A. H.; KARIM, A. T. A. Relationship between factors of construction resources affecting project cost. **Modern Applied Science**, v. 7, n. 1, 2013.

RAKHRA, A. S. Construction productivity: Concept, measurement and trends, organization and management in construction. **Proc. Of the 4th Yugoslavian Symp. On Construction Management**, Dubrovnik, 487-497, 1991.

RIVAS, R. A.; BORCHERDING, J.; ALARCÓN, L. Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: Case study in a Chilean construction company. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 4, p. 312-320, 2010.

ROSENFELD, Y. Root-cause analysis of construction-cost overruns. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 1, p. 04013039, 2013.

SAMBASIVAN, M.; SOON, Y. W. Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. **International Journal of Project Management**. 25(5): 517-526. 2007.

SOUTO, M. S. M. **Estudo comparative entre Brasil e Portugal das práticas gerenciais em empresas de construção, sob a ótica da gestão de conhecimento**. Tese de Doutorado, UFSC – Florianópolis. 2003.

SOUZA, R.; ABIKO, A. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. São Paulo, v. 335, 1997.

SULLIVAN, A.; HARRIS, F. C. Delays on large construction projects. **International Journal of Operations & Production Management**. 6(1): 25-33. 1986

SUMANTH, D. J.; YAVUZ, F. P. A formal approach to productivity planning in companies. **Productivity engineering and management**, Vol. 2, Issue 4, 219-227, 1984.

SWEIS, G.; SWEIS, R.; ABU HAMMAD, A.; SHBOUL, A. Delays in construction projects: the case of Jordan. **International Journal of Project Management**. 26(6): 665-674. 2008.

TALHOUNI, B. T. **Measurement and Analysis of construction labour productivity**. Ph.D. thesis, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Dundee, Dundee, UK, 1990.

THOMAS, H. R.; MALONEY, W. F.; HORNER, R. M. W.; SMITH, G. R.; HANDA, V. K.; SANDERS, S. R. Modeling construction labor productivity. **J. Constr. Eng. Manage.**, 117(4), 626-644, 1990.

THOMAS, H. R.; MATHEWS, C. T. An analysis of methods for measuring construction productivity. SD 13, Construction Industry Institute, The Univ. of Texas at Austin, Austin, Tex, 1986.

TOOR, S.; OGUNLANA, S. O. Problems causing delays in major construction projects in Thailand. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 4, p. 395-408, 2008.

WILLABY, H. W.; COSTA, D. S.; BURNS, B. D.; MACCANN, C.; ROBERTS, R. D. Testing complex models with small sample sizes: A historical overview and empirical demonstration of what Partial Least Squares (PLS) can offer differential psychology. **Personality and Individual Differences**, 84, 73-78, 2015.

YI, W.; CHAN, A. P. C. Critical review of labor productivity research in construction journals. **Journal of Management in Engineering**, Vol. 30, No. 2, March 1, 2014.

ZACK, J. G. Schedule delay analysis; is there agreement? Proc., *PMI-CPM College of Performance*, Spring Conf, 2013.

ANEXO A

Questionário por Feitoza (2014):

Q1: Dados relacionados a empresa

ITEM	PERGUNTA REALIZADA
(i)	Quantos anos de atuação a empresa tem no mercado da construção civil no Distrito Federal? <input type="checkbox"/> 0-5 anos <input type="checkbox"/> 6-15 anos <input type="checkbox"/> 16-30 anos <input type="checkbox"/> > 30anos
(ii)	Em qual nicho de mercado a empresa atua? <input type="checkbox"/> Baixo padrão (aptos até R\$ 200.000) <input type="checkbox"/> Médio padrão (Aptos de R\$ 200.001 a R\$ 400.000) <input type="checkbox"/> Média-alta (aptos de R\$ 400.001 a R\$ 800.000) <input type="checkbox"/> Alto padrão (aptos acima de R\$800.000)
(iii)	Qual a classificação da empresa com relação a seu porte? <input type="checkbox"/> Pequeno porte <input type="checkbox"/> Médio porte <input type="checkbox"/> Grande porte
(iv)	Quantos empreendimentos no Distrito Federal a empresa esta executando no momento? <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> > 4
(v)	Qual o padrão do empreendimento sob o comando do entrevistado? <input type="checkbox"/> Baixo padrão (aptos até R\$ 200.000) <input type="checkbox"/> Médio padrão (Aptos de R\$ 200.001 a R\$ 400.000) <input type="checkbox"/> Média-alta (aptos de R\$ 400.001 a R\$ 800.000) <input type="checkbox"/> Alto padrão (aptos acima de R\$800.000)

Q2: Ferramentas de gestão utilizadas pela empresa

ITEM	PERGUNTA REALIZADA
(i)	1- A empresa possui algum tipo de certificação de qualidade? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(ii)	2- Se a resposta da 1ª questão for “sim”, qual (is): <input type="checkbox"/> ISO 9001 <input type="checkbox"/> PBQP-H <input type="checkbox"/> Outro. Especifique: _____
(iii)	1- A empresa utiliza alguma ferramenta para controle de prazo? <input type="checkbox"/> Cronograma de Gantt <input type="checkbox"/> Curva S <input type="checkbox"/> Análise do valor agregado (EVA) <input type="checkbox"/> Linha de balanço <input type="checkbox"/> Cronograma físico financeiro <input type="checkbox"/> Outro. Especifique: _____
(iv)	2- A empresa utiliza alguma ferramenta para controle de custo? <input type="checkbox"/> Curva de agregação cumulativa (Curva S) <input type="checkbox"/> Análise do valor agregado (EVA) <input type="checkbox"/> Cronograma físico financeiro <input type="checkbox"/> Outro. Especifique: _____
(v)	1- O controle de qualidade é realizado por: <input type="checkbox"/> Empresa externa <input type="checkbox"/> Engenheiro da obra. Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Equipe responsável (funcionário) Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Não se aplica
(vi)	2- O controle do prazo é realizado por: <input type="checkbox"/> Empresa externa <input type="checkbox"/> Engenheiro da obra. Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Equipe responsável (funcionário) Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Não se aplica
(vii)	3- O controle do custo é realizado por: <input type="checkbox"/> Empresa externa <input type="checkbox"/> Engenheiro da obra. Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Equipe responsável (funcionário) Especifique a atividade: _____ <input type="checkbox"/> Não se aplica
(viii)	1- O(s) empreendimento(s) antes do seu início conta(m) com todos os projetos? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(ix)	2- O(s) empreendimento(s) antes do seu início conta(m) com cronogramas bem definidos?

	() Sim () Não
(x)	3- O(s) cronograma(s) conta(m) com marcos de controle bem definidos? () Sim () Não
(xi)	4- O cronograma inicial do empreendimento esta condizente com a realidade da obra? () Sim () Não
(xii)	5- A empresa informa os processos a serem adotados na execução dos empreendimentos de forma clara e bem definidos? () Sim () Não
(xiii)	6- O cronograma inicial do empreendimento foi realizado pela: () Própria empresa () Empresa terceirizadas Caso a resposta seja “Própria empresa” responda a 13.1 13.1 Os índices de produtividade utilizados para determinação do prazo da obra são retirados de onde? () Banco de dados próprio () Outro. Especifique: _____
(xiv)	7- O orçamento do empreendimento foi realizado pela: () Própria empresa () Empresa terceirizadas Caso a resposta seja “Própria empresa” responda a 14.1 14.1 Os índices de produtividade utilizado para composição dos custos dos serviços são retirados de onde? () Banco de dados próprio () Outro. Especifique: _____
(xv)	8- Indique com X a proporção entre a mão de obra própria e a terceirizada utilizada na execução dos serviços? Própria <input type="checkbox"/> 0 - 25% <input type="checkbox"/> 25% - 50% <input type="checkbox"/> 50% - 75% <input type="checkbox"/> 75% - 100%
(xvi)	9- Nos contratos de empresas terceirizadas são especificados metas de produtividade? () Em todos os contratos são especificados. () Apenas em alguns contratos. Especifique _____ () Não é especificado.
(xvii)	10- As equipes de trabalho têm metas de produção? () Sim () Não

Q3: Perfil do engenheiro

ITEM	PERGUNTA REALIZADA
(i)	1- Sexo. <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
(ii)	2- Faixa Etária. <input type="checkbox"/> 21 a 25 anos <input type="checkbox"/> 26 a 30 anos <input type="checkbox"/> 31 a 35 anos <input type="checkbox"/> 36 a 40 anos <input type="checkbox"/> mais de 40 anos
(iii)	3- Tempo de Formado. <input type="checkbox"/> 0-5 anos <input type="checkbox"/> 5-10 anos <input type="checkbox"/> 10-15 anos <input type="checkbox"/> 15-20 anos <input type="checkbox"/> Mais de 20 anos
(iv)	4- Pós-Graduação. A frente da opção escolhida escreva a área de concentração seguida. <input type="checkbox"/> Especialização _____ <input type="checkbox"/> Mestrado _____ <input type="checkbox"/> Doutorado _____ <input type="checkbox"/> Não se aplica
(v)	5- Cargo Ocupado: <input type="checkbox"/> Diretor <input type="checkbox"/> Gerente de projetos <input type="checkbox"/> Supervisor <input type="checkbox"/> Gerente de obra <input type="checkbox"/> Engenheiro residente <input type="checkbox"/> outro. Especifique: _____
(vi)	6- Tempo de atuação na empresa? <input type="checkbox"/> 0-5 anos <input type="checkbox"/> 5-10 anos <input type="checkbox"/> 10-15 anos <input type="checkbox"/> 15-20 anos <input type="checkbox"/> Mais de 20 anos
(vii)	7- Tempo de atuação na empresa? <input type="checkbox"/> 0-5 anos <input type="checkbox"/> 5-10 anos <input type="checkbox"/> 10-15 anos <input type="checkbox"/> 15-20 anos <input type="checkbox"/> Mais de 20 anos

(viii)	8- Número de funcionários sob o seu comando: <input type="checkbox"/> até 40 <input type="checkbox"/> 41 a 80 <input type="checkbox"/> 81 a 120 <input type="checkbox"/> 121 a 160 <input type="checkbox"/> 161 a 200 <input type="checkbox"/> acima de 200.
--------	--

Q4: Produtividade

ITEM	PERGUNTA REALIZADA
(i)	1- A empresa possui algum sistema para gerenciar a produtividade? Nota: entende-se como sistema de gestão de produtividade a ferramenta que tem como objetivo aumentar a eficiência da transformação de esforço humano e insumos em serviços de construção civil. <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente.
(ii)	2- Essa questão será apresentada junto com as questões que utilizaram a escala <i>Likert</i> a baixo.
(iii)	3- É realizada a mensuração da produtividade? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
(iv)	4- É realizada a análise desta produtividade e comparada com os índices de produtividade do cronograma e da composição de custo? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> não se aplica
(v)	5- Os índices apropriados pela empresa são utilizados para gerar o cronograma? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
(vi)	6- Os índices apropriados pela empresa são utilizados na composição de custos? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
(vii)	7- É realizado o planejamento das atividades que serão executadas antecipadamente? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(viii)	8- A empresa possui documentos para padronizar a execução dos serviços? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(ix)	9- A empresa realiza treinamento da mão de obra com o intuito de melhorar a produtividade? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

(x)	10- Qual a receptividade da empresa com relação a novos sistemas construtivos? () Sempre busca novos sistemas () Quase nunca utiliza novo sistema () Não utiliza
(xi)	11- A empresa quantifica as perdas geradas na execução do serviço, sendo essas perdas referentes tanto ao material quanto a mão de obra? () Sim () Não
(xii)	12- O empreendimento encontra-se com custo maior do que o planejado inicialmente? () Sim () Não
(xiii)	13 - Essa questão será apresentada junto com as questões que utilizaram a escala <i>Likert</i> .
(xiv)	14- O empreendimento encontra-se com atraso no cronograma? () Sim () Não
(xv)	15 - Essa questão será apresentada junto com as questões que utilizaram a escala <i>Likert</i> a baixo.

3- Caso a empresa possua um sistema de gestão de produtividade de forma integral ou parcialmente, qual a principal dificuldade na implementação. Solicita-se registrar na coluna à direita um número entre 1 (um) e 4 (quatro), que melhor corresponda a sua percepção, considerando 1 para valores mínimos e 4 para valores máximos como mostra a legenda.



ITEM	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
2.1	Falta de conhecimento do sistema de gestão utilizado	
2.2	Falta de conhecimento do processo de execução do serviço	
2.3	Dificuldades nas coletas de dados	
2.4	Variabilidade na execução do serviço	
2.5	Pouco tempo para a análise dos dados	
2.6	Falta de comprometimento da alta gerência	
2.7	Falta de comprometimento das pessoas envolvidas diretamente na coleta e análise de dados	

13- No quadro abaixo estão listados alguns fatores que contribuem para o aumento dos custos dos empreendimentos. Conforme a sua percepção. Registre na coluna à direita um número entre 1 (um) e 4 (quatro), considerando 1 para os fatores que menos contribuem para o aumento e 4 para os fatores que mais contribuem para o aumento do custo como mostra a legenda.



ITEM	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
12.1.1	Aumento dos preços dos materiais e equipamentos	
12.1.2	Baixa produtividade da mão de obra	
12.1.3	Orçamento mal elaborado	
12.1.4	Falhas de concepção do projeto básico	
12.1.5	Falhas no gerenciamento do empreendimento	
12.1.6	Desperdício de insumos	
12.1.7	Retrabalho decorrente da modificação do projeto	
12.1.8	Retrabalho decorrente da má execução dos serviços	

15- No quadro abaixo estão listados alguns fatores que contribuem para o aumento do prazo de execução da obra. Conforme a sua percepção registre nas colunas à direita um número entre 1 (um) e 4 (quatro), considerando 1 (um) para os fatores que menos contribuem para o atraso e 4 (quatro) para os fatores que mais contribuem para o atraso como mostra a legenda.



ITEM	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
13.1.1	Atraso na mobilização da obra	
13.1.2	Cronograma não realista	
13.1.3	Falhas do cronograma decorrentes da superestimação da produtividade	
13.1.4	Falha no gerenciamento dos prazos	
13.1.5	Conflito entre partes (empreiteiro e contratante)	

13.1.6	Fraca qualificação no quadro técnico do empreiteiro	
13.1.7	Complexidade do projeto	
13.1.8	Má especificação ou indefinição do projeto	
13.1.9	Incompatibilidade dos projetos	
13.1.10	Modificações no projeto	
13.1.11	Retrabalho	
13.1.12	Atraso no pedido dos materiais	
13.1.13	Atraso na entrega de material	
13.1.14	Atraso na entrega de material na frente de serviço (movimentação no canteiro)	
13.1.15	Atraso por material entregue com defeito	
13.1.16	Escassez de materiais de construção no mercado	
13.1.17	Escassez de equipamentos	
13.1.18	Baixa eficiência e produtividade de equipamentos	
13.1.19	Defeitos de equipamentos	
13.1.20	Baixa qualificação da mão de obra	
13.1.21	Baixa produtividade da mão de obra	
13.1.22	Escassez de mão de obra qualificada	
13.1.23	Acidente durante a construção	
13.1.24	Efeitos do clima na construção (calor, chuva)	
13.1.25	Outros:	