Rafael Guidugli Borges

Análise crítica de projetos com foco em Engenharia de Valor visando otimizar empreendimentos

Brasil

Janeiro de 2022

Rafael Guidugli Borges

Análise crítica de projetos com foco em Engenharia de Valor visando otimizar empreendimentos

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, como requisito parcial para a obtenção do titulo de Bacharel em Engenharia Civil.

Universidade Estadual Paulista – UNESP

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS

Departamento de Engenharia Civil – DEC

Orientador: Prof. Dr. Artur Pantoja Marques

Brasil

Janeiro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Borges, Rafael Guidugli.
B732a Análise crítica de projetos com foco em engenharia de valor visando otimizar empreendimentos / Rafael Guidugli Borges. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
56 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Artur Pantoja Marques
Inclui bibliografia

1. Engenharia de valor. 2. Análise de custos. 3. Industria da construção civil.

João Josué Barbosa
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

Rafael Guidugli Borges

Análise crítica de projetos com foco em Engenharia de Valor visando otimizar empreendimentos

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, como requisito parcial para a obtenção do titulo de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho aprovado. Brasil, 25 de janeiro de 2022:

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Artur Pantoja Marques
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira (Orientador)

Prof. Dr. Adriano Souza
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira

Prof. Dr. Marco Antônio de Morais Alcantara
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira

Brasil
Janeiro de 2022

Agradecimentos

Este trabalho marca o fim de um ciclo de conhecimento, experiências e grandes mudanças, que terminaram de me moldar como pessoa, e só foi possível pelo apoio de algumas pessoas.

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, além de me proporcionar as oportunidades e caminhos que percorri.

À minha mãe que embarcou comigo desde o início nessa jornada, apoiando e incentivando nas horas difíceis, me resgatando quando a saúde apertava e estando ao meu lado em todos os momentos. Ao meu pai, que me fortaleceu, me deu condições e me manteve no foco, na busca de meus objetivos.

À Unesp, administração, direção e em especial a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, manifestação do caráter e contribuírem para minha formação profissional. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Artur Pantoja Marques, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

A toda minha família, parentes e amigos, que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, meu muito obrigado.

Agradeço ao Daniel Charles, da Rocontec, que me auxiliou com muita informação necessária para elaboração deste trabalho

Por último agradeço à minha namorada, Julia, que esteve comigo nesta reta final, momento de maior dificuldade, dando apoio, carinho e incentivo, me aguentando dentro de tantas crises e me ajudando a fechar este ciclo.

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original"

Albert Einstein

Resumo

Este trabalho de graduação tem por objetivo mostrar como a aplicação da engenharia de valor durante a orçamentação e análise de projetos pode contribuir para a otimização de um empreendimento. Para isso, realizou-se um estudo de caso na empresa Rocha Construção e Tecnologia- ROCONTEC, localizada em São Paulo. Foram analisadas e acompanhadas duas obras de edifícios residenciais de alto padrão e duas obras de edifícios hospitalares demonstrando como foi aplicada a engenharia de valor e os benefícios de sua implementação nas obras. Fica evidente pelo estudo de casos que o valor agregado pela engenharia de valor independe do tipo de construção ou etapa construtivas, mas sim, do conhecimento multidisciplinar na análise de custo. Como consideração final é nítido que a engenharia de valor é a medida exata de análise econômica para a construção civil, afinal, com eficiência agrega valor na percepção do cliente e reduz custos de processos, favorecendo a entrega de um produto final com alta eficiência, funcionalidade e qualidade e garantindo o sucesso da construtora.

Palavras-chave: Engenharia de Valor, Analise de Custos, Industria Construção Civil

Lista de ilustrações

Figura 1 – Representação do valor para o cliente 14
Figura 2 – O momento de aplicação da EV x Custo de implementação 15
Figura 3 – Etapas do Plano de Ação da EV 17
Figura 4 – Exemplo de diagrama Fast 19
Figura 5 – Custo atual, custo meta,custo admissível 23
Figura 6 – Layout do Laboratório 31
Figura 7 – Vizualização obra Prevent Senior Santos Dumont 32
Figura 8 – Visualização do edifício Brooklin Xpression 34
Figura 9 – Visualização do edifício Torre AK 36
Figura 10 – Visualização do edifício Alto da Boa Vista 38
Figura 11 – Canteiro de Obras Santos Dumont 43
Figura 12 – Projeto da Fundação em Perfil Metálico 44
Figura 13 – Porcentagem de aumento de 2021 45
Figura 14 – Projeto estaca Hélice 46
Figura 15 – Projeto da Estrutura Nervurada 48
Figura 16 – Projeto da viga Protendida e laje Convencional 49
Figura 17 – Execução Estrutura Reticulada 50
Figura 18 – Alvenaria Autoportante (Estrutural) e Alvenaria de Vedação 51
Figura 19 – Drywall 52

Lista de tabelas

Tabela 1 – Partes da Obra Prevent Senior Santos Dumont 33
Tabela 2 – Partes da Obra Brooklin Xpression 35
Tabela 3 – Partes da Obra Torre AK 37
Tabela 4 – Partes da Obra Alto da Boa Vista 39
Tabela 5 – Custo do Contêineres 41
Tabela 6 – Custo do diretos e indiretos do Steel Frame 43

Sumário

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 Objetivos 12
1.1.1 Objetivo Principal 12
1.1.2 Objetivos específicos 12
1.2 Organização do trabalho 12

2 ENGENHARIA DE VALOR 14
2.1 Visão Geral 14
2.2 Plano de Trabalho 16
2.2.1 Fase de Orientação 17
2.2.2 Fase de informação 18
2.2.3 Fase de criativa 18
2.2.4 Fase de Planejamento 19
2.3 Base da Engenharia de valor 20
2.3.1 Segmentação do Produto 20
2.3.2 Criatividade 20
2.3.3 Retroalimentação 22
2.3.4 Redução dos custos 22
2.4 Benefícios da Engenharia de Valor 23
2.4.1 Quantitativo 23
2.4.2 Qualitativo 24

3 ENGENHARIA DE VALOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL 25
3.1 Visão Geral 25
3.2 Plano de Trabalho na Construção Civil 26
3.2.1 Fase de Orientação 27
3.2.2 Fase de Informação 28
3.2.3 Fase Criativa 28
3.2.4 Fase de Planejamento 29

4 METODOLOGIA 30
4.1 Obra Prevent Senior Santos Dumont 31
4.2 Obra Brooklin Xpression 33
4.3 Obra Torre AK 36
4.4 Obra Alto da Boa Vista 37

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 40
5.1 Obra Prevent Senior Santos Dumont 40
5.2 Obra Brooklin Xpression 44
5.3 Obra Torre AK 47
5.4 Obra Alto da Boa Vista 50

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 54

REFERÊNCIAS 56

1 Introdução

A construção civil no decorrer da sua evolução atingiu o ponto industrial, transformando as matérias primas em um produto especifico, concebido e executado com alta eficiência e viabilidade técnica e econômica.

A viabilidade técnica representa dentro da industria de construção civil uma etapa de análise e de projeção de uma estrutura robusta, estática e confiável, atendendo às premissas do cliente. Desta forma, esta etapa é invariável na fase de projeto e anteprojeto de uma estrutura.

Já a viabilidade econômica é a etapa que analisa se os custos e benefícios desta edificação atendem a premissa do lucro para a construtora e do preço atraente para o cliente.

Sendo assim, apresenta *n* variações, combinações e possibilidades presente em todas as etapas da construção. Devido a esta dificuldade de parametrização da viabilidade econômica, a gestão de lucros e custos no setor industrial civil é determinado pelo *target costing*, ou traduzindo Preço Máximo Garantido (PMG) (COOPER; SLAGMULDER, 2017).

O PMG difere das formas tradicionais de gestão de lucros por estabelecer um valor total para o orçamento: se a construtora entregar um produto com um preço inferior ao máximo garantido obtém o lucro senão, se ocorrer o contrário, obtém o prejuízo.

Deste modo, a viabilidade econômica é garantida ao cliente cabendo à construtora contratada inserir um estreito gerenciamento dos custos com orientação à lucratividade sem interferir na funcionalidade e na qualidade do produto final se baseado no *coast-gap*, ou seja, na meta de redução de custos (RUIZ, 2011; TAVES, 2014).

Por isso, a Engenharia de Valor (EV) é um dos pontos mais importantes e investidos no ramo da engenharia civil. Se trata de um esforço sistemático desde a concepção do produto, orientado a garantir a entrega de valor, qualidade e funcionalidade ao cliente atendendo às expectativas e necessidades de atingir a meta de redução de custos (RUIZ, 2011).

Para isso a EV por meio do plano de trabalho no desenvolvimento do produto implementa fases que identificam e trabalham as funções que devem ser focadas para reduzir custos. E com estas identificações é possível implementar novas tecnologias, materiais e/ou execuções.

Dentro deste cenário que encontra-se a construtora ROCONTEC - Rocha Construção e Tecnologia. Localizada na grande São Paulo, atua na construção de edifícios residenciais de médio e alto padrão e edifícios da área da saúde condicionados ao Preço Máximo Garantido.

Por isso, este trabalho de graduação, tem por foco realizar o estudo de caso dentro da empresa Rocha Construções e Tecnologia - ROCONTEC. Assim, através do acompanhamento

físico-financeiro mostrar como a aplicação da engenharia de valor durante a orçamentação, análise de projetos e execução da obra pode contribuir para a otimização de um empreendimento e até mesmo ser item essencial viabilizar sua execução, visto a importância e justificativa da Engenharia de valor.

Para isto, será realizado um embasamento teórico a respeito da Engenharia de Valor e de sua aplicação na construção Civil.

Desta forma, será possível apresentar o estudo de casos conceituado na engenharia de valor e conduzir o plano de ação adotado para entrega de um produto da industria civil viável, eficiente e funcional ao cliente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

O objetivo desse trabalho é mostrar como a aplicação da engenharia de valor durante a orçamentação e análise de projetos pode contribuir para a otimização de um empreendimento, até mesmo para viabilizar sua execução.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo desse trabalho, foram estabelecidos os objetivos específicos seguintes:

- Compreender como é feito um planejamento e levantamento dos custos de uma obra e como a engenharia de valor contribui nesse processo.
- Analisar como determinados parâmetros podem indicar melhorias em projetos.
- Apresentar estudos de casos de empreendimentos situados em São Paulo onde, por meio da engenharia de valor aplicada ao planejamento e levantamento de custos, foi possível apontar melhorias de projeto em sua concepção e quais as vantagens obtidas.

1.2 Organização do trabalho

Este Trabalho de Graduação é dividido em seis capítulos e a referencia bibliográfica, sendo que:

Capitulo 1 - Introdução: Apresentado a justificativa e importância deste trabalho, bem como o objetivo principal e específico e sua divisão;

Capitulo 2 - Engenharia de Valor: Embasamento Teórico relacionado a engenharia de valor: definições, planos de ações, bases e benefícios.

Capitulo 3 - Engenharia de Valor na construção Civil: Embasamento Teórico relacionado a engenharia de valor: definições, planos de ações, funções, benefícios e dificuldades de implementações

Capitulo 4 - Metodologia: Apresentado a metodologia de analise dos casos e as obras em que foram realizados este estudo.

Capitulo 5 - Resultados e Discussões: Apresentado os resultados da aplicação da Engenharia de Valor e Reengenharia nas obras analisadas

Capitulo 6 - Consideração Final: Através das analises demonstrar os benefícios e um plano de ações para implementação da EV.

Referencia bibliográfica:

2 Engenharia de valor

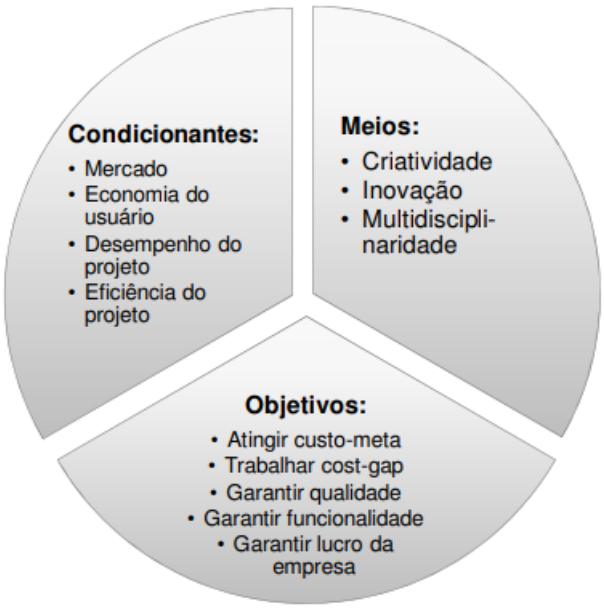
Este tópico tem por foco apresentar de forma concisa a engenharia de valor, seu método de desenvolvimento, sua base e os benefícios oriundos da sua implementação.

2.1 Visão Geral

Segundo o dicionário, a palavra engenharia significa aplicar métodos científicos e da natureza com o intuito de beneficiar o ser humano. Desta forma, a engenharia de valor é a aplicação de métodos científicos para agregar valor ao produto do cliente.

Entretanto, o valor de um produto na perspectiva do cliente vai além do quantitativo econômico. Segundo Ruiz (2011), engloba fatores condicionantes, meios e objetivos de diversas naturezas subjetivas, quantitativas e qualitativas, conforme representado na Figura 1

Figura 1 – Representação do valor para o cliente



Fonte: (RUIZ, 2011)

Por isso, a Engenharia de valor foge das analises tradicionais de redução de custos, pois consiste num exame sistemático e multidisciplinar de fatores que compõem o produto de forma a identificar meios de reduzi-lo, baseado nas percepções do cliente, sem afetar a qualidade e a funcionalidade. (RUIZ, 2011; JUNIOR et al., 1989)

Segundo Junior et al. (1989), atualmente, não se pode esperar de um projetista que conheça, precisamente e com detalhes, o método ideal para manufaturar seu projeto e, consequentemente, minimizar o custo de produção.

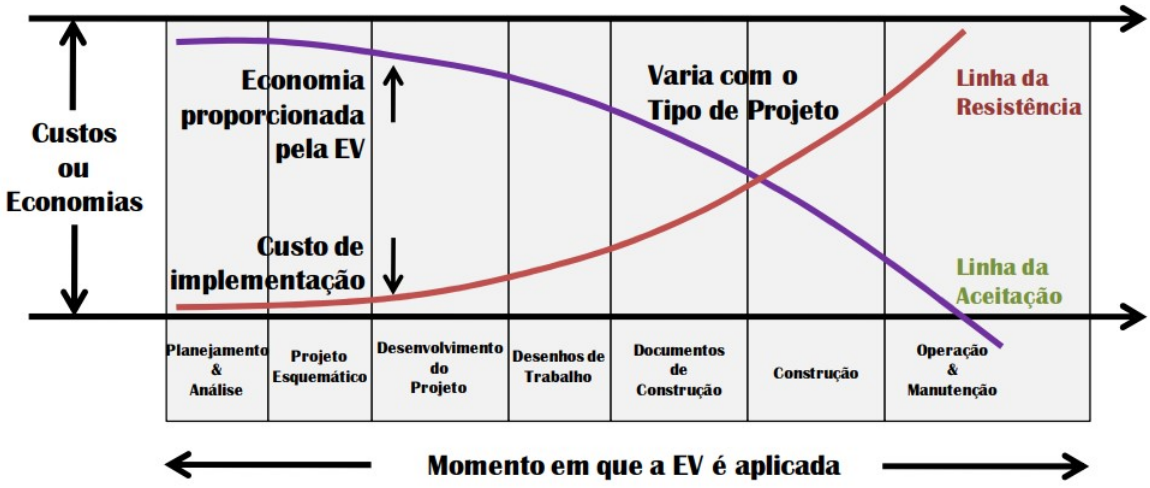
O homem da produção é obrigado a seguir as especificações que lhe são dadas. O montador tem a preocupação de fazer com que as peças se encaixem dentro das tolerâncias pré-escritas. Assim, cada pessoa ou grupo que toma parte na sequencia operacional, desde o projeto até o produto acabado, é cônscio de sua própria contribuição e responsável apenas dos problemas relativos à sua área especifica.

A EV reúne e confronta todos os conhecimentos especializados e habilidades disponíveis na Organização e os coloca ao alcance dos interessados, desde o estágio de projeto do produto ao serviço. Desta forma, possibilita ao projetista reconhecer o valor por análise e comparação, por substituição, combinação, simplificação, ou ainda, alteração das partes ou processos (JUNIOR et al., 1989).

Assim, esta ferramenta, atua em um esforço organizado para atingir o valor ótimo em um processo seletivo no qual todas as alternativas disponíveis são consideradas, auxiliando na tomada de decisões acerca de qual projeto trará melhor desempenho e/ou ganho de funcionalidade e/ ou melhor apelo de vendas, a um menor custo. (DOMINGUES; SELLITTO; LACERDA, 2013)

Segundo Cooper e Slagmulder (2017), a engenharia de valor pode ser vista como um exercício de aplicação de ferramentas ligadas à inovação, criatividade e análise minuciosa do produto ou das etapas que circunscrevem o produto final. Por isso, o momento ideal para a sua aplicação é na fase de concepção que possibilita maior economia e menor custo de implementação desta ferramenta econômica, conforme representado na Figura 2

Figura 2 – O momento de aplicação da EV x Custo de implementação



Fonte: (RUIZ, 2011)

A fase de concepção é a primeira fase do processo, onde os analistas de negócios e

os membros da equipe colaboram para determinar o escopo e os objetivos do projeto. Com a Engenharia de Valor, é realizado uma análise aprofundada para reestruturar o escopo e o projeto. Por isso, nesta etapa que ocorre a maior eficiência afinal é possibilitado mudar(BECKER et al., 2006).

Ou seja, exemplificando, na fase de concepção de um apartamento, é possível adotar um revestimento cerâmico que reduz os custos sem perder qualidade e funcionalidade. Entretanto após a compra deste material, troca-lo representaria um prejuízo.

Para realizar isto, a Engenharia de valor conta com uma engrenagem, denominada Plano de trabalho que orienta o foco e o período de análise, as funções analisadas e o custo alvo estabelecido. E devido a sua importância e complexidade, será abordado no tópico seguinte.

2.2 Plano de Trabalho

Como dito anteriormente, a engrenagem da Engenharia de Valor é estabelecida pelo Plano de Trabalho. Por meio dele que ocorre a operacionalização e análise do produto, buscando através da analise determinar um ponto ótimo na curva econômica (RUIZ, 2011).

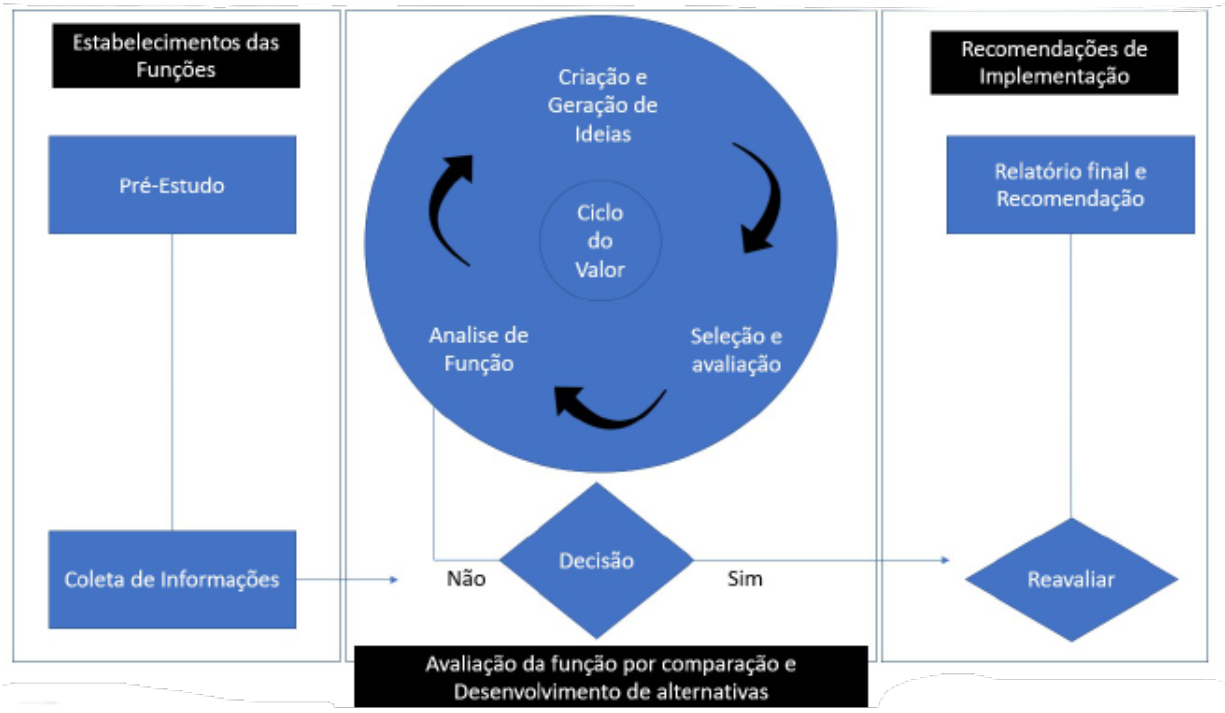
Esta análise do produto é realizada de forma fragmentada em funções. Para a EV, função é a denominação de itens ou processos que resultarão no produto final. Para determinar as funções de um produto é preciso identificar as "obrigações"destes itens e processos, classificando-os de acordo com as áreas funcionais do seu domínio.

Ao segmentar o produto em funções é possível um alto nível de detalhamento dos itens e materiais possibilitando o estudo detalhado dos custos e exigindo a capacidade de processamento dos dados. Proporcionalmente, quanto maior a complexidade do produto ou do nível de detalhamento maior será a quantidade de funções, de análises e de complexidade (JUNIOR et al., 1989).

C (ROBERT; GRANJA, 2006; RUIZ, 2011).

Para isso, de acordo com Junior et al. (1989), Ruiz (2011), ROBERT e Granja (2006), o desenvolvimento do plano de ação é dividido em quatro fases, conforme representado na Figura 3.

Figura 3 – Etapas do Plano de Ação da EV



Fonte: Adaptado de (RUIZ, 2011)

2.2.1 Fase de Orientação

A primeira fase denominada de orientação é dividida em três etapas: a primeira de determinação das funções, a segunda de levantamento dos custos e a terceira de orientação de objetivos (RUIZ, 2011)

Na etapa de determinação de funções o produto global é dividido em itens e processos para defini-los em funções básicas, funções secundarias e funções não necessárias

As funções Básicas são definidas como funções principais que proporcionam o uso. Já as funções Secundarias, seriam as funções que atuam como suporte das funções básicas auxiliando ou viabilizando elas a proporcionar o uso. Já as Funções não necessárias são funções obsoletas que não desempenham nenhum papel no produto final.

Para auxiliar no entendimento, partindo do exemplo da construção de um quarto as funções básicas poderiam ser "Proporcionar o Descanso" "Proporcionar Estudos"e/ "Proporcionar o Lazer". Já as funções secundárias necessárias poderiam ser os subsistemas de Fundações, Estrutura, Fechamento, Instalações Elétricas, suportes obrigatórios.

E por fim na Fase de orientação, são definidos os objetivos ou as premissas de analises como o real desejo do cliente, as características e propriedades do produto e o custo-alvo.

2.2.2 Fase de informação

A segunda fase é denominada por informação, neste ponto são levantados fatos e informações acerca das funções e características definidas na primeira fase, sendo que o grande objetivo é definir o problema e determinar o escopo: onde se inicia, onde termina, o que está sendo incluído, o que está sendo excluído e quais são as interfaces e interações (JUNIOR et al., 1989).

Após estas informações, é realizado o levantamento dos custos específicos de cada função principal e secundaria segundo as condições do mercado. Com isso, é fixado o orçamento inicial e consequentemente a quantia global que poderá ser gasta, garantido que todas as funções foram devidamente definidas e quantificadas.

2.2.3 Fase de criativa

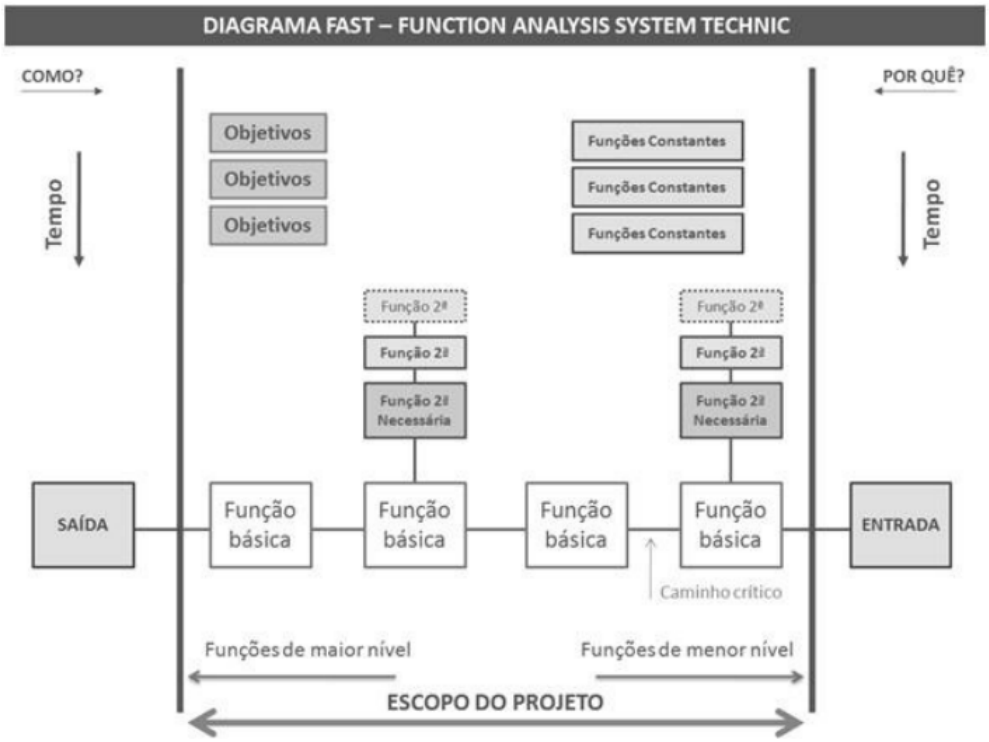
Na terceira fase é determinado como o custo do produto ou operação será reduzido. Seja por eliminação de funções desnecessárias ou substituição de itens ou operações. Está fase denominada de criativa é dependente do processo criativo e da multidisciplinaridade condicionando o sucesso da EV à pesquisa e desenvolvimento de alternativas atraentes economicamente e tecnicamente.(ROBERT; GRANJA, 2006).

Primeiramente, com base na função analisada, são determinadas alternativas possíveis com base nas características exigidas. Se a alternativa apresentar uma condição melhor do que a função pré estabelecida, então esta alternativa passa ser a nova função.

Essa análise comparativa entre a função e a alternativa é estabelecida para retroalimentar o processo estudando as novas configurações. Para isso são definidos métodos de análise. Dentre inúmeras, Ruiz (2011) cita como principais:

Diagrama Fast: Consiste em uma diagramação que fornece uma identificação logica e visual de inter- relacionamento das funções necessárias que devem ser cumpridas para atingir o proposito de um projeto, conforme a figura 4

Figura 4 – Exemplo de diagrama Fast



Fonte: (RUIZ, 2011)

Técnica de Mudge: Consiste na comparação par a par das funções que compõem o produto e a partir das atribuições dos pesos para comparação par, chega-se nas percentagens relativas a cada função comparada com as demais. Assim é possível hierarquizar as funções de forma a viabilizar a análise de suas relações.

Método Compare: O Método Compare resulta num gráfico que é feito com base na Análise de Função, no diagrama FAST e na Técnica de Mudge, aliados à inserção de parâmetros de custo. Todas essas informações são reunidas e seus respectivos resultados relativos agrupados no gráfico, também denominado como "Gráfico Compare". Com isso proporciona-se a visualização daquelas funções que podem ser trabalhadas para redução de custo sem interferir nas funções básicas e no valor percebido pelo cliente.

Caso durante a análise as funções alternativas não satisfazerem os critérios de parada definidos na primeira fase, todo o processo volta para o inicio da fase criativa, sendo pesquisadas ou desenvolvidas novas alternativas. Deste forma, a fase criativa é finalizada após a análise comparativa determinar as melhores alternativas que passaram a ser as novas funções otimizadas que irão compor o produto final.

2.2.4 Fase de Planejamento

Ao termino da fase criativa, são definidas as funções otimizadas que compõem o produto final. Entretanto, somente a definição das funções não garantem a redução de custos, visto que podem ocorrer desvios de funções no decorrer da obra.

Por isso, na Fase de Planejamento são definidos os parâmetros de controle físico-financeiros com o intuito de garantir a execução conforme o estabelecido na fase criativa. Este controle é realizado por meio de cronogramas, projetos, orçamentos e planos de contratação.

2.3 Base da Engenharia de valor

A Base da Engenharia de valor são as premissas estabelecidas no seu desenvolvimento. Segundo Cooper e Slagmulder (2017), a base da sistematização é composta por quatro premissas:

- Segmentação do Produto
- Criatividade
- Retroalimentação e Reengenharia
- Redução de Custos

2.3.1 Segmentação do Produto

Para analisar os custos, a EV realiza a segmentação do produto em itens e processos denominando-os funções. Desta forma, a análise apresenta um maior detalhamento e simplificação, resultando em melhor estudo e facilitando o desenvolvimento de novas alternativas.

Por ser a principal entrada de dados, a segmentação do produto deve ser cuidadosamente realizada e classificada exigindo uma equipe multidisciplinar com conhecimento acerca do desenvolvimento do produto analisado.

Todavia a segmentação depende do nível de detalhamento almejado para o Plano de Trabalho devendo ser o ponto inicial a ser definido. É valido destacar que o detalhamento não pode ser definido somente na capacidade de processamento dos dados, mas da complexidade do produto. Um edifício, por exemplo, deve apresentar um nível de detalhamento maior que um lápis, visto o desempenho requerido pelo primeiro e seu nível de complexidade de concepção.

2.3.2 Criatividade

A criatividade é a segunda base para o desenvolvimento da engenharia de valor afinal a identificação de funções alternativas e desenvolvimento de novas funções, além do conhecimento de quem analisa, depende da criatividade.

Segundo Ruiz (2011), criatividade é trazer para existência pela ação mental algo novo sendo a arte de propor a resolução de problemas. Neste caso as soluções e alternativas inovadoras que resultarão na redução de custos desejados, bem como a garantia da funcionalidade e qualidade (RUIZ, 2011).

Sem duvidas, encontrar alternativas que resultem na redução de custos é algo subjetivo e crucial para o sucesso do Plano de trabalho e por conseguinte da implementação da EV. É um processo mental condicionado às experiências passadas para formar novas combinações que não depende de um conhecimento especifico ou individual , mas sim associação de um grupo multidisciplinar e do nível de detalhamento das funções do produto (RUIZ, 2011; DOMINGUES; SELLITTO; LACERDA, 2013).

Oriundo desta subjetividade de criar, alguns estudiosos da psicanalise como Ostrower (1978) e Bollas (2010) definem que os principais processos criativos podem ser desenvolvidos de três formas:

Sintética: Este modo criativo tem por princípios tornar familiar o que é estranho e tornar estranho o que é familiar. Ou seja, primeiramente entender o problema de forma analítica e coletando todas as informações e fundamentos para posterior distorção proposital que conduz a novos pontos de vistas e consequentemente em novas soluções.

Relação de Atributos: É um processo criativo focado na segmentação do problema em vários atributos analisando-os separadamente para expandir as possibilidades de solucionar cada atributo. Assim, este método segmenta o macro problema em micro problemas para estudar as possibilidades e soluções. Por exemplo, uma faca apresenta por atributos o cabo, a lamina e a fixação. Este cabo pode ser de madeira, de plástico ou de marfim; a lamina pode ser de ferro, de aço inoxidável ou de uma liga especial com níquel; e a fixação pode ser com parafuso rebite ou soldado.

Brainstorm : Neste método de processo criativo, a solução de um problema se da pelo debate e conjunto de ideias. É visto como uma sala de reunião em que o chefe propõe o problema aguardando as ideias e o debate das mesmas pelos participantes. Desta forma o problema é analisado de pontos de vistas diferentes resultando em soluções abrangentes e ricas.

Segundo Ruiz (2011), o *Brainstorm* é o método criativo que repercute na maior eficiência da Engenharia de valor em um produto. Através dele é possível uma análise tridimensional e multidisciplinar das funções, enriquecendo as alternativas já existentes e desenvolvendo novas alternativas.

2.3.3 Retroalimentação

Retroalimentação é o nome dado ao procedimento através do qual os dados de saída de um sistema são transferidos para a entrada deste mesmo sistema, com o objetivo de replanejar e aperfeiçoar este sistema. Isto ocorre devido a comunicação que reage a cada informação de entrada e incorpora o resultado da ação resposta no comportamento subsequente em um processo cíclico (SOARES, 2016).

A retroalimentação é primordial na engenharia de valor pois consiste em implementar ideias cujas economias já foram pré-calculadas e definidas objetivando na saída deste sistema um orçamento com menor custo.

A entrada é definida pelas funções do produto e a cada alternativa do processo é retro alimentado, gerando como ação resposta um custo inferior ao estabelecido anteriormente e substituindo a função pré estabelecida pela alternativa criada.

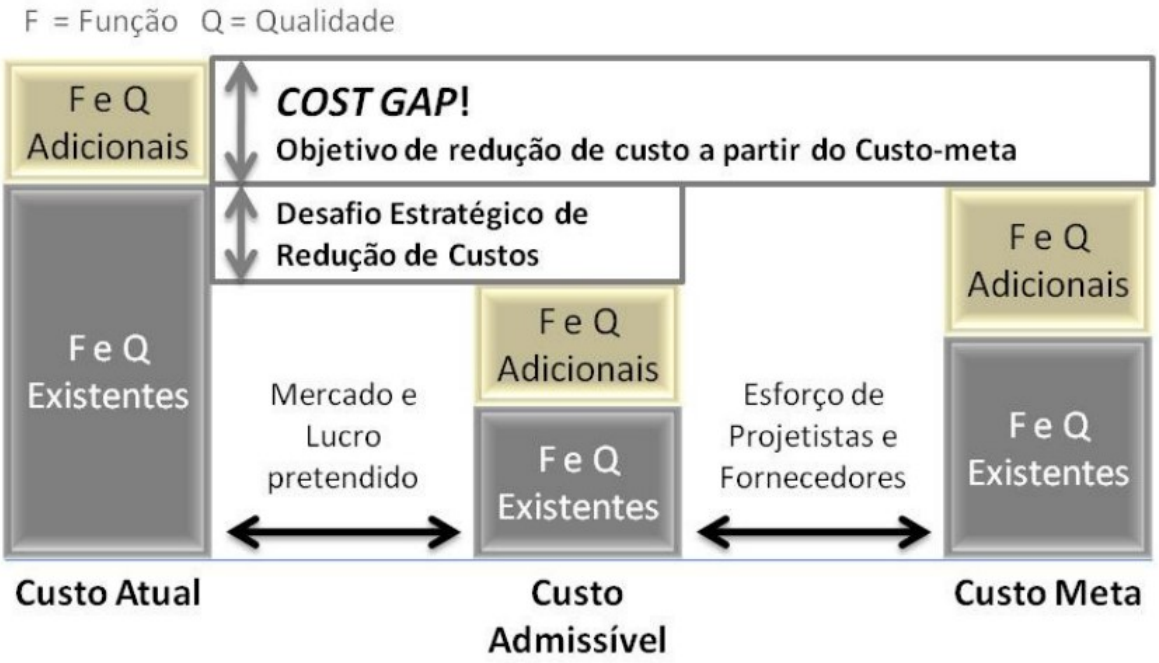
2.3.4 Redução dos custos

Baseado no Custeio-meta, os esforços da EV são concentrados no projeto do produto buscando sempre reduzir custos e garantir a entrega de valor. Isto é realizado embasado nos parâmetros objetivos - quantitativos financeiros - e subjetivos - qualidade funcionalidade.

Desta forma o produto é executado a partir do *cost-gap*, decompondo o produto estudado em funções hierarquizadas entre básicas, secundarias e não necessárias eliminando aquilo que não é principal e otimizando pela retroalimentação as funções principais. (JUNIOR et al., 1989)

Assim, o custo atual é reduzido ao custo admissível promovendo o lucro e a viabilidade econômica, respectivamente, para a empresa que produz o produto e para o cliente, possibilitados pela produção baseada no custo-meta e na redução de custo definidos pela engenharia de valor, representado na Figura 5.(COOPER; SLAGMULDER, 2017; RUIZ, 2011)

Figura 5 – Custo atual, custo meta,custo admissível



Fonte: (RUIZ, 2011)

2.4 Benefícios da Engenharia de Valor

Os benefícios da aplicação da engenharia de valor podem ser divididos em dois aspectos: quantitativo e qualitativo.

O quantitativo refere-se a itens que podem ser enumerados e mensuráveis por uma análise clinica objetiva. São índices de fácil observação do sucesso ou não da engenharia de valor (JUNIOR et al., 1989).

Por outro lado, o qualitativo representa itens que não podem ser enumerados e mensurados devido a sua intima relação subjetiva, pessoal e inerente a cada individuo. Por isso, são índices difíceis de aferir mas que apresentam um alto peso socio-econômico (DOMINGUES; SELLITTO; LACERDA, 2013).

2.4.1 Quantitativo

Os benefícios quantitativos advindos da engenharia de valor vão além da visão econômica da redução de custos.

A segmentação do produto possibilita quantificar, analisar e modificar a relação dos

itens e processos com os materiais necessários para sua execução. Dessa forma, é definido a quantidade exata de material, processos com menos perdas e a utilização de materiais alternativos. Assim, a relação do produto com seus materiais é otimizada, sustentável e econômica (RUIZ, 2011).

Para isso, outro benefício é a otimização dos processos, repercutindo não só nos materiais, mas também, nas ferramentas necessárias, na qualidade do produto final e no cumprimento dos cronogramas.

Mas sem duvida o principal ponto quantificável de beneficio é a Economia final.

2.4.2 Qualitativo

A análise comparativa, baseada no valor do produto foge das técnicas tradicionais de redução de custos e resulta no sucesso da engenharia de valor. Por esse motivo que está ferramenta apresenta os benefícios qualitativos, subjetivos e difíceis de quantificar mas que repercute diretamente na satisfação do cliente.

E neste contexto, a entrega de um produto no prazo determinado ou adiantamento desta programação é um ponto crucial possibilitado pela EV. O mapeamento e controle dos processos garantem que seja linear o desenvolvimento do produto, inibindo as falhas de logística e conduzindo ao cumprimento do cronograma (JUNIOR et al., 1989).

Além disso, há garantia da qualidade superior e da garantia de funcionalidade pela extremo acompanhamento da engenharia de valor na concepção, planejamento e execução. Favorecendo, com isso, a assistência técnica que apresentará índices diminutos de ocorrência (COOPER; SLAGMULDER, 2017).

E com isto, o produto final é entregue ao cliente com alta eficiência, baixo custo e confiabilidade.

3 Engenharia de Valor na Construção civil

Com base no conceito de engenharia de valor apresentado no capitulo anterior, este capitulo tem por foco demonstrar a aplicação desta importante ferramenta na construção civil.

3.1 Visão Geral

A construção civil sempre esteve atrelada a evolução do homem, sendo, inicialmente, estabelecida pelas primitivas cavernas e chegando nos dias atuais aos imponentes arranha-céus. Ou seja, a construção civil evoluiu do conceito de estabelecer proteção ao homem para estabelecer junto a beleza e o poder socio-econômico (FERRARI, 2005).

Por isso, a construção civil ultrapassou a barreira artesanal e atingiu o conceito industrial de entregar ao cliente um produto complexo, eficiente e viável tecnicamente e economicamente estabelecido nos preceitos industriais (RUIZ, 2011)

Entre os preceitos industriais que mais possibilitaram e restringiram a construção, o *target-cost* é o que mais se destaca. O *target-cost* ou Preço Máximo Garantido é a determinação do orçamento global de uma construção. Se a construtora entregar o empreendimento civil a um custo abaixo da PMG conseguirá o lucro, entretanto, se o valor da obra for superior ou igual ao PMG é estabelecido um prejuízo à construtora.(COOPER; SLAGMULDER, 2017)

Desta forma, este preceito possibilitou a construção civil pois viabilizou economicamente para o cliente a concepção do empreendimento. Entretanto, restringiu a construtora (manufatura) a entregar o produto final com viabilidade técnica sob um orçamento reduzido, exigindo um controle dos custos e a construção com base no *cost-gap*, ou seja, na Meta de Reduzir Custos (MRC)(COOPER; SLAGMULDER, 2017; RUIZ, 2011).

Todavia, diferente de construir um lápis, reduzir o custo de uma construção é complexo afinal a curva de viabilidade econômica deve trabalhar abaixo da viabilidade técnica. Caso a redução de custos cause uma curva técnica abaixo da viabilidade econômica, a estrutura atingirá estados limites que não só representam uma expressiva perda econômica, mas também, pode gerar a morte de pessoas (TAVES, 2014)

Exemplificando, na construção de um edifício a ação de reduzir a quantidade de sacos de cimento pode resultar em uma estrutura com baixa resistência que poderá vir a colapsar com a solicitação estrutural.

Além disso, o produto final da industria da construção civil é composto por inúmeros

itens e subitens concretizando um estruturação heterogênea que deve resultar em um produto com alta eficiência, satisfazendo os desejos e percepções qualitativas do cliente e funcional que será utilizado por décadas e décadas, deferindo e sendo até incomparável com a concepção e uso daquele lápis citado anteriormente.(MILITO, 2009)

Por isso, a engenharia de valor é um dos pontos mais importantes na evolução da construção civil. Apesar das dificuldades de um produto final heterogêneo e altamente solicitado, consegue reduzir os custos mantendo a viabilidade técnica, qualidade e funcionalidade.

Observando a revisão bibliográfica diversos trabalhos mostram o potencial da associação da engenharia de valor na construção civil e formas de aplicação, citando: Yokota et al. (2010) - "Abordagem da Engenharia de Valor como estratégia de redução de custos em projetos habitacionais de interesse social- demonstra o potencial de reduzir os custos de casas de baixa renda; ROBERT e Granja (2006) - "Engenharia de valor na concepção de unidades comerciais de varejo- redução de custo e otimização de materiais de unidades comerciais ; Lee et al. (2007)-*Seismic performance evaluation of non-structural components: drywall partitions* - diminuição de custos e ganho de produtividade com a alternativa drywall após a engeharia de valor; entre outros

Através da leitura desta bibliografia, é possível perceber que a engenharia de valor na construção civil apresenta ótimos resultados que independem do tipo de construção: edifícios, pontes e barragens e independem do uso: comercial, residencial ou especifico.

Entretanto devido a complexidade do produto final, o seu Plano de ação apresenta particularidades. Por isso, neste capitulo é apresentado como é estabelecido o Plano de Trabalho da Engenharia de Valor na construção civil.

3.2 Plano de Trabalho na Construção Civil

Conforme dito no capitulo anterior, a engrenagem da Engenharia de Valor é estabelecida pelo Plano de Trabalho. Por meio dele que ocorre a operacionalização e análise do produto buscando através da analise determinar um ponto ótimo na curva econômica (TAVES, 2014).

Similar ao estabelecido na industria, o plano de trabalho na construção civil, apresenta a análise estabelecida de forma fragmentada em funções e apresenta quatro fases de analise: Fase de Orientação, Fase de Informação, Fase Criativa e a Fase de Planejamento.

Para exemplificar as particularidades, é apresentado o desenvolvimento de cada fases nos tópicos subsequentes.

3.2.1 Fase de Orientação

A fase de orientação é estabelecida para determinar as funções, realizar o levantamento dos custos e definir os objetivos para o Plano de Trabalho.

Quando aplicado na Construção Civil, isto não é diferente, todavia, a determinação das funções são definidas respeitando as etapas da construção. Na industria, a junção das funções forma o produto final, já na construção civil devido a quantidade de itens e subitens, a composição das funções formam uma etapa da construção.

Estas etapas segundo MILITO (2009), são definidas por:

- Serviços Preliminares: custos estabelecidos pela implantação do canteiro de obras, locação de obra, ligações provisórias e demolições;
- Fundação: Custos estabelecidos pela fundação da estrutura, pelos muros de contenções e pela escavações;
- Estrutura: Custos da superestrutura - blocos de fundação, vigas de travamento e vigas baldrames, pilares, vigas e lajes;
- Impermeabilização: Custos estabelecidos pela Impermeabilização dos componentes necessários.
- Vedação: Custos estabelecidos pela execução das paredes periféricas e internas da estrutura e o contrapiso
- Instalações: Custos da Infraestrutura elétrica e hidráulica
- Acabamentos: Custos estabelecidos pelos Revestimentos, Bancadas, Pintura, Luminárias, entre outros componentes arquitetônicos

Portanto, a segmentação em funções obedece as etapas construtivas. Desta forma, é possível um maior detalhamento e a viabilização técnica de cada etapa construtiva, afinal as funções unidas são partes da fundação, da estrutura, da impermeabilização, da vedação, da instalação ou dos acabamento.

Após a definição das funções e de qual etapa construtiva ela pertence, é realizado a divisão de Funções Básicas e Secundarias. Sendo as Funções Básicas o método de execução daquele item e as funções secundarias o material, maquinário, ferramentas e o método de execução. Desta forma, a fundação em Estaca Hélice apresenta por função principal a estaca hélice e a secundaria a perfuratriz, a betoneira e o tipo de concreto (JUNIOR et al., 1989).

E por fim, a terceira etapa da orientação, o levantamento dos custo, é a definição do orçamento inicial detalhado da obra com base no valores de mercado para cada etapa construtiva.

O produto final da construção civil é estabelecido por custos diretos - custos da execução da etapa ou do serviço somado com os custos dos materiais - e por custos indiretos - custos relacionados a variações do mercado, despesas tributárias e despesas administrativas (GOLDMAN, 1997).

Devido a dificuldade de prever as despesas indiretas, o orçamento inicial é definido com base no BDI ou INCC índices utilizados para mensurar o valor dos gastos com as obras de um imóvel na planta (TAVES, 2014).

3.2.2 Fase de Informação

A fase de informação é estabelecida pelo levantamento de informações físicas do produto.

Para a construção civil nesta etapa é definido o inicio e o termino da construção de forma detalhada, fixando prazos factíveis para cada etapa construtiva e vinculando tal informação com os custos de cada etapa.

Estas informações definem o cronograma inicial da obra e com os custos levantados na fase de orientação determinam o cronograma físico-financeiro da construção (MILITO, 2009).

Assim, ao termino desta fase é definido o cronograma físico-financeiro da obra e verificado com base no Preço máximo Garantido as etapas construtivas que aproximam ou extrapolam o custo da construção. Com isso, é direcionado a analise do Plano de trabalho para estas etapas, buscando a redução dos picos de custos.

Por isso, o cronograma físico-financeiro é de suma importância na construção civil, pois, através dele é possível identificar a curva e os picos de gastos da obra e por conseguinte direcionar a engenharia de valor.

3.2.3 Fase Criativa

Na terceira fase é determinado como o custo de produto ou operação será reduzido. Seja por eliminação de funções desnecessárias ou substituição de itens ou operações.

A particularidade da construção civil é a possibilidade de análise global e analises parciais. Na analise global todas as funções são analisadas e reavaliadas comparando com novas alternativas buscando reduzir os custos de todas as etapas construtivas. Já na Analise parcial,

somente as funções de uma etapa da construção que extrapola ou se aproxima da curva de custo é analisada (ROBERT; GRANJA, 2006).

A definição de uma analise global ou parcial depende da equipe multidisciplinar estabelecida, do nível de detalhamento de análise almejado e a capacidade de processamento dos dados. Todavia a dificuldade de analise e a quantidade de dados a ser analisado é diretamente proporcional a complexidade da construção devido a quantidade de funções básicas e secundarias e do número de etapas construtiva (ROBERT; GRANJA, 2006).

Associado a isto, dificultando ainda mais a analise global, na construção civil, devido ao desenvolvimento tecnológico, são incontáveis as alternativas possíveis para a redução de custos: materiais inteligentes, novas maquinas, novas ferramentas, novas técnicas executivas (JUNIOR et al., 1989; RUIZ, 2011).

Por isso, muitas vezes, as construtoras realizam uma analise parcial estabelecida na etapa construtiva que apresenta custos acima do estabelecido no orçamento inicial.

Independente do tipo da análise, na fase criativa é realizado o desenvolvimento e pesquisa de novas funções alternativas comparando com as funções preestabelecidas. Se a alternativa for economicamente viável sem interferir na produtividade, qualidade e funcionalidade, substituirá as funções pré-estabelecidas. Senão, os aprendizados retroalimentam a analise para corroborar com novas alternativas.

3.2.4 Fase de Planejamento

Ao termino da fase criativa são determinadas as alternativas que reduzem os custos de todas as etapas construtivas, ou somente de uma etapa construtiva. O cronograma físico-financeiro inicial é alterado substituindo as funções pré-estabelecidas para as funções alternativas. Assim, o planejamento fica determinado pelo cronograma físico-financeiro com base inicial.

Além disso, os projetos de cada etapa construtiva são definidos e determinam o caminho e o modo de se executar a estrutura para atingir a redução de custos esperado (TAVES, 2014).

Com estes planejamentos, o engenheiro civil residente da obra que apresenta o conhecimento técnico e acompanhou a fase de concepção da estrutura, verifica e direciona a execução de cada etapa construtiva impedindo desvios e buscando cumprir as metas do cronograma.

4 Metodologia

Para mostrar a aplicação da engenharia de valor na construção civil, este trabalho de graduação realizou um estudo de caso na construtora Rocha Construção e Tecnologia - ROCONTEC.

O objetivo de utilizar o estudo de caso é viabilizar a simulação da aplicação da teoria em exemplos reais de produtos da construção civil. Dessa forma, a pesquisa situa-se dentro do conceito do Paradigma Fenomenológico, ou interpretativo explicativo, que de acordo com Ruiz (2011), minimiza a distância entre o pesquisador e o objeto de estudo utilizando amostras pequenas com diferentes instrumentos de coleta e análise de dados

A Rocontec é uma construtora pura, focada em empreendimentos de médio e alto padrão na região metropolitana de São Paulo. Executando obras residenciais, comerciais, hotéis e saúde. Tendo como pilares do negócio a excelência, a sustentabilidade e a inovação.

A Rocontec segue as diretrizes de uma Empresa Válida estabelecidos:

- Criar produtos de valor para os clientes escolhidos;
- Criar relações significativas com clientes, colaboradores e acionistas;
- Criar e manter clientes satisfeitos;
- Praticar princípios de conduta considerados exemplares pela sociedade;
- Usar os recursos de maneira produtiva;
- Criar, administrar, manter e desenvolver talentos;
- Evoluir deliberadamente;
- Gerar lucro admirável e merecido aos olhos da sociedade

Por estabelecer empreendimentos definidos segundo o Preço Máximo Garantido, a Rocontec para gerar o lucro admirável executando o produto de valor, utiliza a engenharia de valor para atingir a meta de redução de custo.

Todas as obras foram analisadas desde a concepção até as fases estabelecidas na escrita deste trabalho, identificando a aplicação da engenharia de valor, o desenvolvimento do Plano de Trabalho e as saídas mais expressivas oriundo da analise de funções

Desta análise global dos empreendimentos, para este trabalho de graduação foram selecionadas apenas as obras que resultaram em índices econômicos, materiais, métodos de execução e desenvolvimento de novas alternativas mais expressivos.

Com isso foram selecionadas 4 obras:

Obra Prevent Senior Santos Dumont

Obra Brooklin Xpression

Obra Torre AK

Obra Alto da Boa Vista

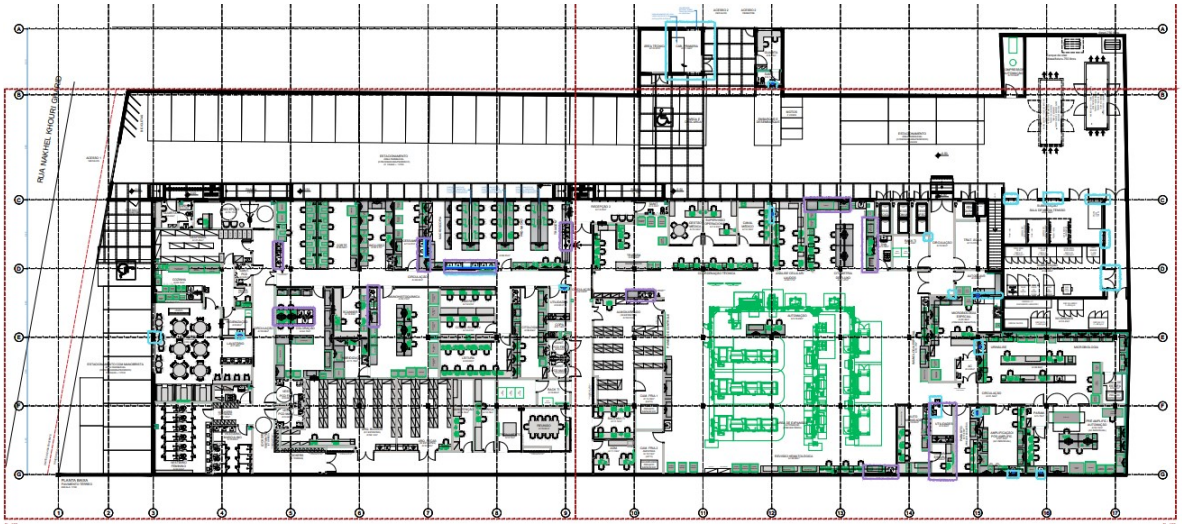
Para melhor conceituar, nesta metodologia são apresentados as características física-financeira de cada obra analisada antes da aplicação da engenharia de valor.

4.1 Obra Prevent Senior Santos Dumont

A obra Prevent Senior Santos Dumont tem por foco a construção do laboratório Central da Prevent Senior, para realizar exames de análises clínicas e análises patológicas de todos os hospitais da rede Sênior.

Esta obra localizada na Zona Norte de São Paulo contempla a construção de estrutura dividida em caixão perdido - subsolo com altura inferior a 2m para dinamizar as mudanças de equipamentos e instalações, laje térreo - contempla todo o laboratório e laje cobertura. Esta estrutura apresenta uma laje de 2500m^2, conforme a Figura 6 e Figura 7

Figura 6 – Layout do Laboratório



Fonte: ROCONTEC

Figura 7 – Vizualização obra Prevent Senior Santos Dumont



Fonte: ROCONTEC

Esta obra iniciada em junho de 2021, apresenta um cronograma estabelecido em 10 meses com um Preço Máximo Garantido de 30 milhões, sendo as partes da construção definidas segundo a tabela 1 subsequente.

Tabela 1 – Partes da Obra Prevent Senior Santos Dumont

Etapa da Obra	Tipo
Fundação	Estaca Hollow Auger
Estrutura	Concreto Armado
Vedação	Drywall e Alvenaria de Vedação
Impermeabilização	Manta asfáltica/ Argamassa Polimérica/ Membrana Acrílica/Cristalizante
Instalações elétricas	Convencional
Instalações hidráulicas	Convencional-PPR/PVC
Automação	Detecção e alarmes de incêndio-CFTV-Supervisão-BMS-RCE-Relógio Sincronizado/ Cabeamento de dados
Revestimentos internos	Revestimento Cerâmico/ Vinílico/ Porcelanato
Revestimentos externos	Pele de Vidro / Revestimento em Argamassa
Pintura interna	Acrílico/ Latex
Pintura externa	Textura

Fonte: elaborado pelo autor

4.2 Obra Brooklin Xpression

A obra Brooklin Xpression é uma construção residencial de alto padrão da incorporadora You, localizada no Brooklin .

Esta obra contempla a construção de uma torre com 30 pavimentos divididos em um subsolo, um térreo e 25 pavimentos tipos com 4 unidades de 130m^2 por andar, conforme a Figura 8

Figura 8 – Visualização do edifício Brooklin Xpression



Fonte: ROCONTEC

Esta obra iniciada em setembro de 2021, apresenta um cronograma estabelecido em 23 meses com um Preço Máximo Garantido de R$ 40.098.774,75, sendo as partes da construção definidas segundo a tabela 2 subsequente.

Tabela 2 – Partes da Obra Brooklin Xpression

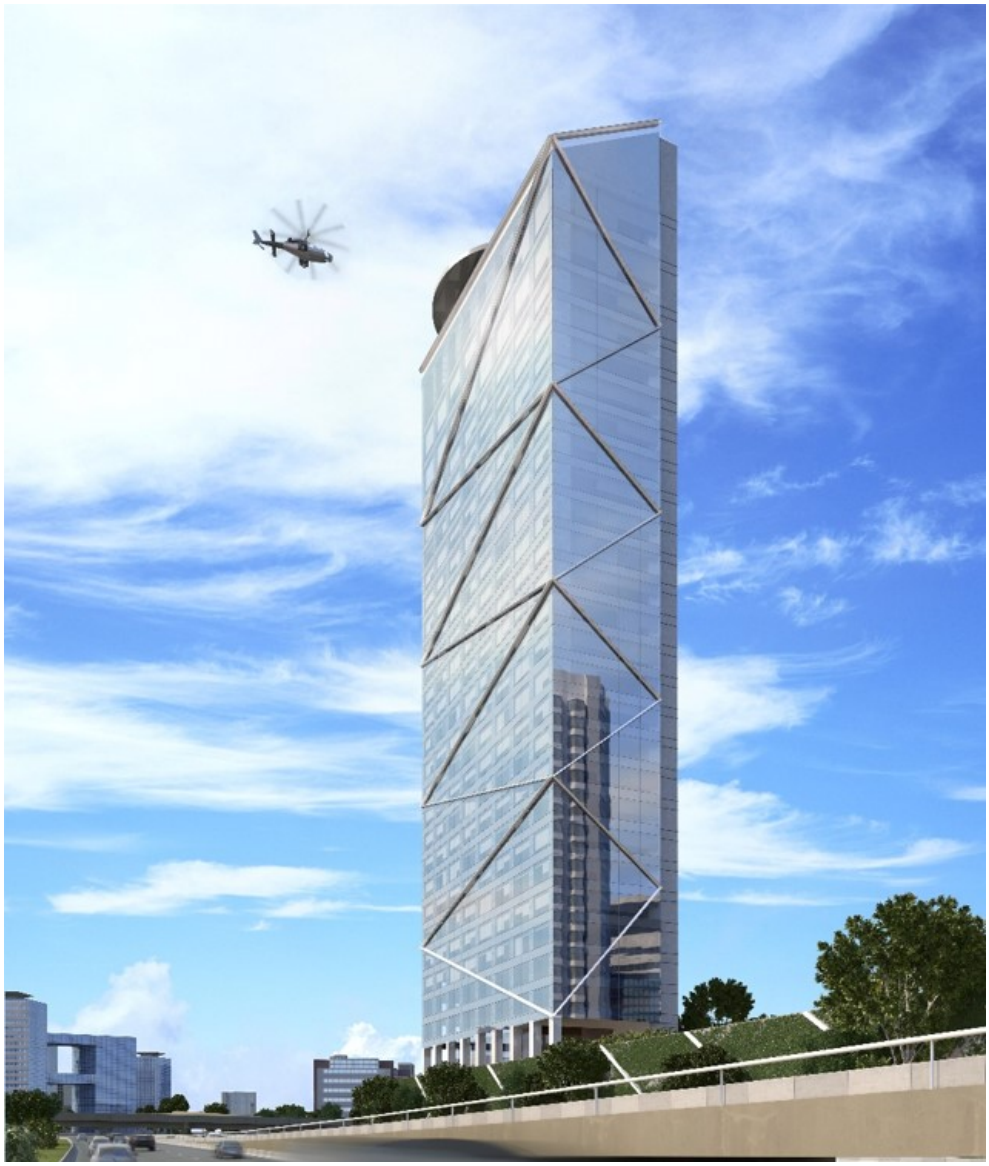
Etapa da Obra	Tipo
Fundação	Perfil Metálico, tirantes e hélice contínua
Estrutura	Concreto Armado
Vedação	Alvenaria de vedação e Drywall
Impermeabilização	Polimérica e Manta asfáltica
Instalações elétricas	Busway e cabeamento
Instalações hidráulicas	Distribuição água em pex, Tiubo de Pvc e PPR
Automação	Iluminação, persianas, equipamentos (eletrônicos, inclusive ar condicionado). Automação das áreas comuns: wi-fi nos pavimentos térreo, 9° e 24º. Automação dos portões de automóveis
Revestimentos internos	Gesso, Emboço, Cerâmica, Contrapiso e Forro
Revestimentos externos	Massa única e Ceramica Tijolinho
Pintura interna	Látex Acrílico e PVA
Pintura externa	Textura rolada
Fachada	Tijolinho georgian blend, mosaico (marrom, laranja e vermelho), fechamento em chapa metálica perfurada e perfis autoportantes de vidro

Fonte: elaborado pelo autor

4.3 Obra Torre AK

A obra Torre AK é a construção de um edificio corporativo. Esta obra localizada na Zona Sul de São Paulo no Morumbi contempla a construção de estrutura de 24 pavimentos de 1000m^2, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Visualização do edifício Torre AK



Fonte: ROCONTEC

Está obra iniciada em junho de 2019, apresentou um cronograma estabelecido em 24 meses e um orçamento inicial de 136 milhões de reais, sendo as partes da construção definidas segundo a tabela 3 subsequente.

Tabela 3 – Partes da Obra Torre AK

Etapa da Obra	Tipo
Fundação	Perfil Metálico, tirantes e hélice contínua
Estrutura	Concreto Armado
Vedação	Alvenaria bloco de concreto
Impermeabilização	Polimérica e Manta asfáltica
Instalações elétricas	Busway
Instalações hidráulicas	Distribuição água em pex
Automação	Sistema de combate à incêndio, interfonia
Revestimentos internos	Gesso, Cerâmica áreas molhadas, contrapiso, forro FGA
Revestimentos externos	Massa única
Pintura interna	Látex Acrílico e PVA
Pintura externa	Textura rolada

Fonte: elaborado pelo autor

4.4 Obra Alto da Boa Vista

A obra Alto da Boa Vista é uma construção residencial de alto padrão localizada em Santo Amaro.

Esta obra contempla a construção de uma torre com 20 pavimentos divididos em três subsolo, um térreo, dois pavimentos de serviços e 15 pavimentos tipos com 6 unidades de 51 a 54 m^2 por andar tendo a opção de junção de unidades, esta obra é representada na Figura 10

Figura 10 – Visualização do edifício Alto da Boa Vista



Fonte: ROCONTEC

Esta obra iniciada em julho de 2021, apresenta um cronograma estabelecido em 20 meses com um Preço Máximo Garantido de Orçamento raso da obra R$ 18.467.247,42, sendo as partes da construção definidas segundo a tabela 3 subsequente.

Tabela 4 – Partes da Obra Alto da Boa Vista

Etapa da Obra	Tipo
Fundação	Perfil Metálico, tirantes e hélice contínua
Estrutura	Concreto Armado
Vedação	Alvenaria bloco de concreto
Impermeabilização	Polimérica e Manta asfáltica
Instalações elétricas	Busway
Instalações hidráulicas	Distribuição água em pex
Automação	Sistema de combate à incêndio, interfonia
Revestimentos internos	Gesso, Cerâmica áreas molhadas, contrapiso, forro FGA
Revestimentos externos	Massa única
Pintura interna	Látex Acrílico e PVA
Pintura externa	Textura rolada

Fonte: elaborado pelo autor

5 Resultados e Discussões

Este tópico tem por foco demonstrar os resultados e discussões a respeito da engenharia de valor aplicada nas obras selecionadas para compor a amostra neste estudo de caso.

Por isso, este capitulo será divido em tópicos de cada obra para apresentar o desenvolvimento da EV com foco no objetivo estabelecido na ferramenta, as premissas acerca da alternativa funcional escolhida e principalmente a comparação dos custos entre a função pré estabelecida e a função alternativa.

5.1 Obra Prevent Senior Santos Dumont

Para a Obra Prevent Sênior a engenharia de valor foi aplicada com o objetivo de reduzir os custos referentes ao serviços preliminares, mais especificamente, a implantação do canteiro de obra dividido em três: Engenharia, Almoxarifado e Área de Vivência

A engenharia é o local de trabalho dos engenheiros, estagiários, administrativo e técnico de segurança necessitando de um espaço amplo e que possibilita-se além do espaço para estes funcionários, uma sala de reunião, copa para os funcionários da engenharia e banheiros.

Já o almoxarifado, é o local de armazenamento de itens de valor de pequena e média dimensão necessitando de um espaço para o almoxarife, mestre de obras e o encarregado.

E por fim, a área de vivência destinada aos funcionários de terceiros, o maior modulo que deve atender à NR18, possuindo banheiro, vestiário com chuveiros e refeitório condizentes com o pico de contingente da obra. Como o pico da obra estava previsto em 100 funcionários de terceiros, houve a necessidade de um refeitório com 100 lugares, vestiário com 10 chuveiros e banheiro com 10 vasos sanitários e dois mictórios.

A implantação do canteiro apresentou por premissas:

- Espaço reduzido de ocupação: A necessidade de um espaço reduzido de ocupação foi a premissa inicial, visto que, todo o terreno da obra abrigava o empreendimento.
- Altura do canteiro: devido a obra estar localizada na frente da pista de pouso e decolagem do aeroporto Santos Dumont, a altura do canteiro não poderia ultrapassar o limite do cone de aproximação, estabelecido em 4 metros.

- Prazo de construção: devido ao cronograma de 10 meses, a obra precisava ser executada rapidamente os serviços iniciais só ocorreriam após a concepção da área de vivência.
- Custo: o custo não poderia ultrapassar o estabelecido pelo orçamento inicial definido em R$ 110 000,00

A função inicial definida foi a construção de um canteiro de MDF, sendo a estruturação principal feita com pontaletes, sarrafos, e fechamento com compensado e a cobertura em telhas de zinco.

Todavia, devido a escassez de madeira, o custo além de estarem muito elevados iriam contra a politica de qualidade da empresa, que preza pela sustentabilidade, e exigiria um custo adicional de desmobilização e retirada de entulhos ao termino da obra.

Assim, da fase de orientação foi definido a Função Básica: Implantação do Canteiro de Obras e as funções secundarias: Engenharia, almoxarifado, área de vivencia segundo a NR18.

Com isto, iniciou-se a fase criativa, estabelecida pela equipe multidisciplinar que apresentou duas alternativas: Estrutura em contêineres ou Alugar um imóvel adjacente.

Analisando por meio do Método Compare foi observado que:

- Estrutura em contêineres: os contêineres apresentariam um custo de 10 meses de aluguel de seis módulos, apresentando como adicionais a preparação do terreno, e os custo do frete de mobilização e desmobilização, resultando em um custo total estabelecido detalhado na Tabela 5

Tabela 5 – Custo do Contêineres

DESCRIÇÃO	UNI	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Locação de conteineres: engenharia, almoxarifado, area de vivencia	QuantXmês	60	R$ 1.500,00	R$ 90.000,00
Radier para os conteiner	m³	30	R$ 310,00	R$ 9.300,00
Frete de mobilização e desmobilização	vb	12	R$ 2.000,00	R$ 24.000,00
Total				R$ 123.300,00

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, devido ao custo e a dificuldade de acesso do contêineres à obra, esta alternativa tornou-se inviável.

- Alugar imóvel: a opção de alugar um imóvel se mostrou inviável visto que adjacente a obra não haviam residenciais disponíveis e não conseguiria abranger o pico de contingente

de funcionários, segundo a NR18. Além disso, apesar de ser uma alternativa, dificultaria o acompanhamento dos processos da obra e a necessidade de contrato com prazos longos resultariam em custos onerosos adicionais.

Como as duas alternativas mostraram-se inviáveis, com a retroalimentação na fase criativa, desenvolveu-se uma nova alternativa: Canteiro baseado em Steel Frame.

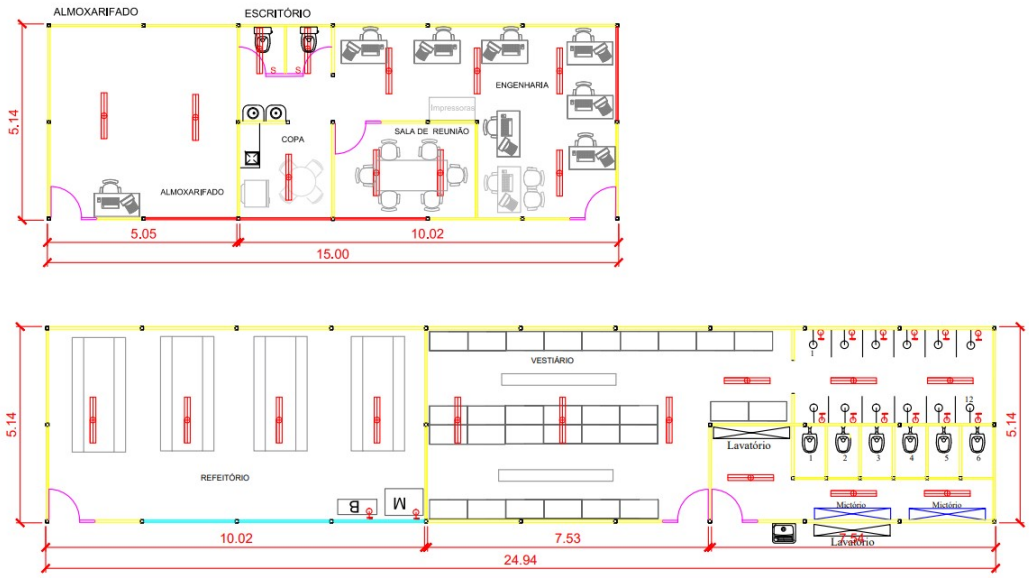
Um canteiro baseado em Steel Frame apresenta a modelagem de acordo com a necessidade de espaço e contingente e um prazo de execução diminuto devido a estrutura ser pré moldada, ficando a viabilidade desta alternativa dependente somente dos custos.

Pesquisando no mercado, encontrou-se uma empresa chamada Razão Engenharia que realizava o canteiro em Steel Frame sendo definido em seu escopo:

- Material e Mão de Obra para montagem de canteiro de acordo com o padrão Rocontec;
- Material e Mão de Obra para pintura de todo Canteiro no Padrão Rocontec (vermelho e branco) e pintura de piso nas áreas secas
- Material e Mão de Obra para execução de revestimento cerâmico;
- Material e Mão de Obra para instalações hidrossanitárias :vaso sanitário, caixa de descarga, chuveiros, mictórios, lavatórios, torneiras e registros, Tubos e conexões para ligações;
- Material e Mão de Obra para instalações elétricas: Cabos, Tomadas e interruptores, luminárias, quadros elétricos, cabeamento, conduíte e canaletas;
- Tempo de construção: 10 dias
- Projeto de Canteiro

Com base nas necessidades para a Obra e no projeto representado na Figura 11, foi analisado os custos resumidos na Tabela 6

Figura 11 – Canteiro de Obras Santos Dumont



Fonte: ROCONTEC

Tabela 6 – Custo do diretos e indiretos do Steel Frame

DESCRIÇÃO	UNI	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Estrutura em Steel frame	mês	10	R$ 10.000,00	R$ 100.000,00
Radier para a estrutura	m^3	30	R$ 310,00	R$ 9.300,00
Frete de mobilização e desmobilização	INCLUSO			
Pintura do cantêiro	vb	1	-R$ 2.000,00	-R$ 2.000,00
Infra elétrica e Hidráulica	vb	1	-R$ 5.000,00	-R$ 5.000,00
Total				R$ 102.300,00

Fonte: elaborado pelo autor

Apesar de haver o custo indireto do radier, há economia com relação a pintura e a infraestrutura elétrica e hidráulica, resultando em um valor total de R$$102300,00$.

Por isso, oriundo do método compare ficou nítido que a alternativa do Canteiro em Steel frame seria a melhor opção, sendo então definido como resolução da função básica.

Assim, a implantação do canteiro em steel frame foi escolhido, garantindo as premissas necessárias e obtendo uma economia de R$ $7700,00$.

5.2 Obra Brooklin Xpression

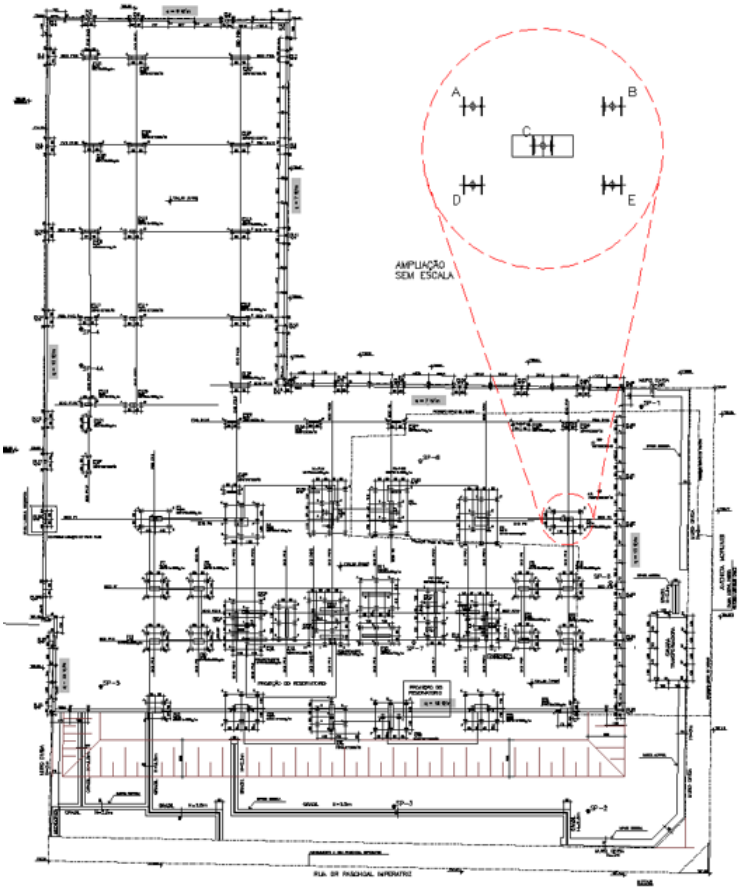
Para a obra Brooklin Xpression, a engenharia de valor foi utilizada, atuando na redução dos custos da etapa de fundação do empreendimento e na adequação as condições de vizinhança.

Como função inicial pré estabelecida, a fundação foi projetada em perfil metálico devido ao curto prazo para execução desta etapa, conforme representado na Figura 12, sendo estabelecido:

- 1 Perfil W250x38,5 – Comprimento Total 10m
- 13 Perfis HP310X52 – Comprimento Total 130m
- 20 Perfis HP310X79 – Comprimento Total 200m
- 192 Perfis HP310X125 – Comprimento Total 1920m

Comprimento total de perfis de fundação: 2260m

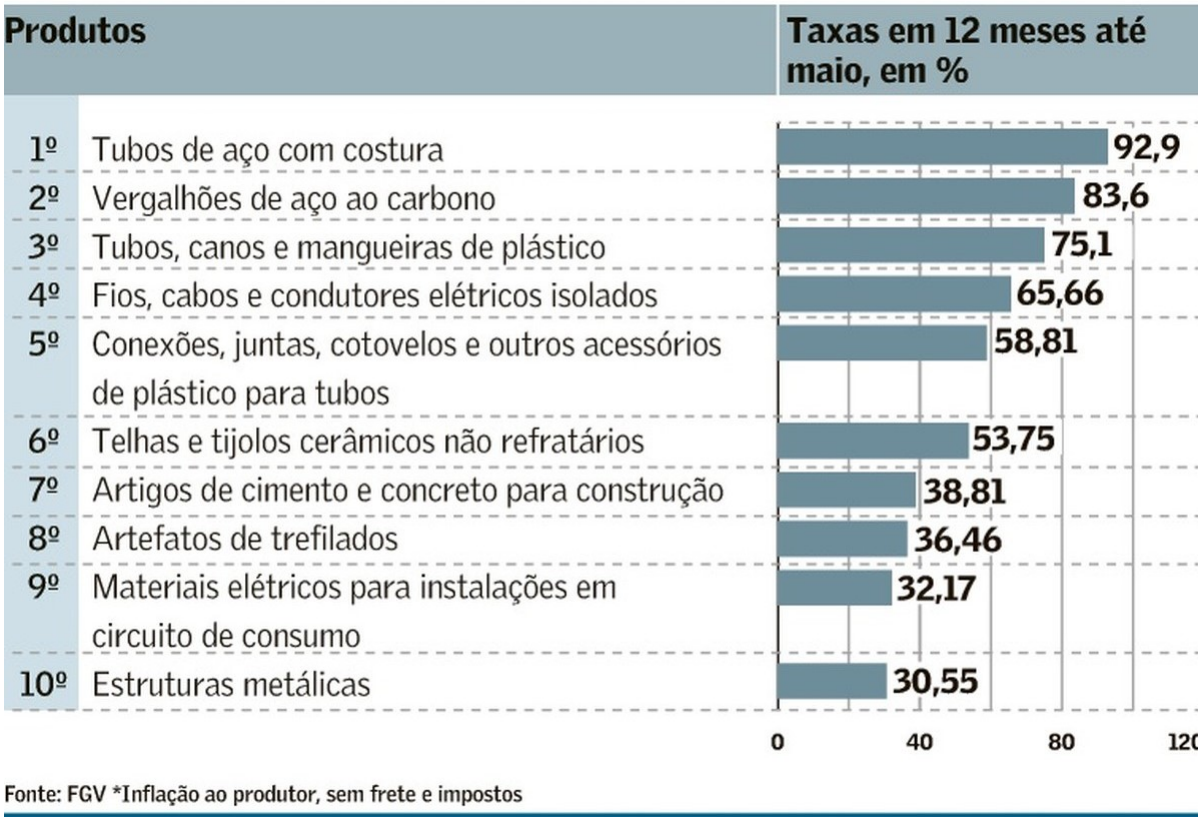
Figura 12 – Projeto da Fundação em Perfil Metálico



Fonte: ROCONTEC

Entretanto, devido a crise de matéria prima de ferro e aço no mercado, o preço do perfil metálico sofreu um forte aumento, se tornando o décimo material mais caro de 2021, segundo a revista Valor econômico (Figura 13).

Figura 13 – Porcentagem de aumento de 2021



Fonte: Valor Econômico-21/05/2021- Globo

Assim, o custo de utilizar o perfil metálico conforme o projeto (Figura 12) seria de R$1.683.371,84, sendo inviável para o orçamento da obra.

Além disso, com base na vizinhança, o perfil metálico por ser uma fundação de deslocamento, ou seja, o perfil é cravado no solo, poderia ocasionar fissuras nos vizinhos por conta da vibração excessiva, representando um risco e um custo desnecessário.

Por isso, implementando a Engenharia de Valor, nas fases de orientação e de informação foram definidos:

- Função Básica: Fundação profunda
- Custo: inferior ao perfil metálico
- Vizinhança: fundação que não represente riscos e nem custos adicionais devido aos vizinhos

- Prazo de execução: prazo curto para a execução necessitando de um método de fundação com alto rendimento.

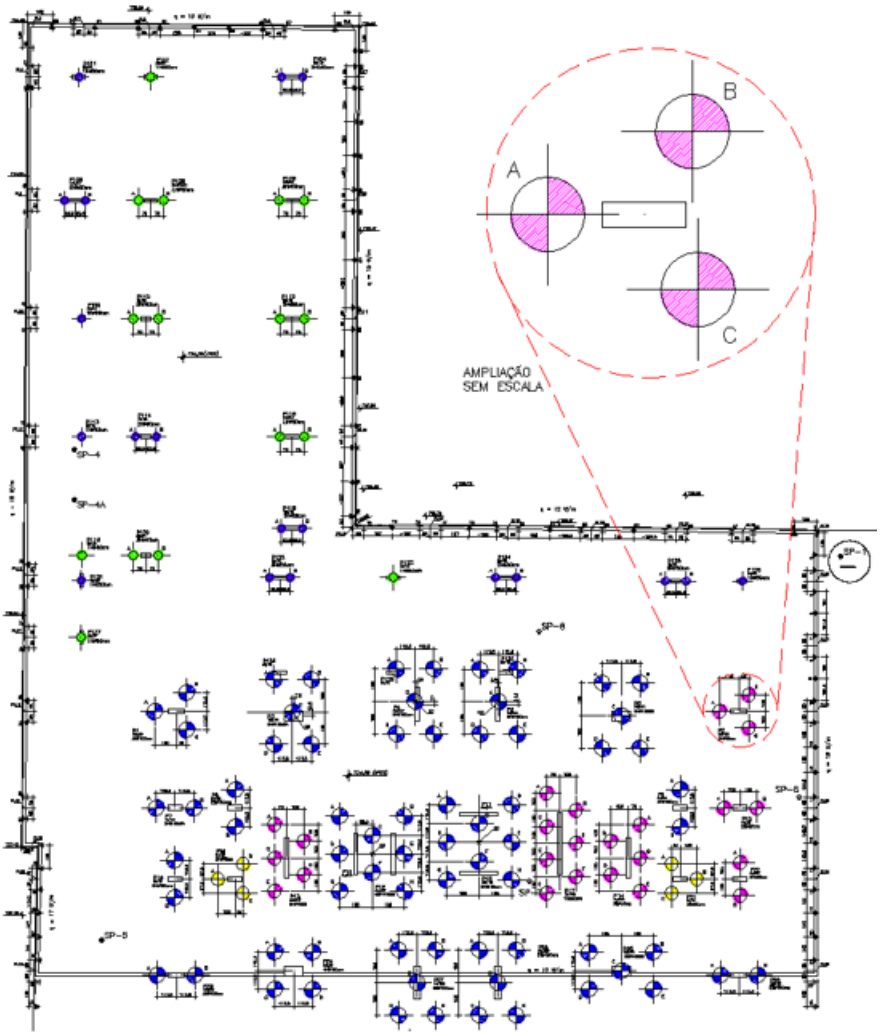
Assim, na fase criativa foram definidos três tipos alternativos de fundações profundas: Estacas pré moldadas, Estaca Franki e Estaca Hélice.

A primeira alternativa foi de imediato invalidada pela análise pois, apesar de ser uma fundação profundo, apresentar um ótimo custo benefício e um prazo de execução diminuto, por ser uma estaca de deslocamento representaria um risco aos vizinhos na sua execução.

Por outro lado, a estaca Franki e estaca Hélice por serem estacas escavadas não representariam um risco para os vizinhos. Dentre as duas opções, devido a estaca Franklin ter um prazo de execução e um custo maior, a estaca Hélice foi a escolhida.

Assim, com base no desenvolvimento do seu Projeto, representado pela Figura 14, quantificou-se:

Figura 14 – Projeto estaca Hélice



Fonte: ROCONTEC

- Ø50 – 19 estacas – Comprimento Total 216m
- Ø60 – 16 estacas – Comprimento. Total 182m
- Ø80 – 6 estacas – Comprimento Total 63m
- Ø90 – 24 estacas – Comprimento. Total 249m
- Ø100 – 70 estacas – Comprimento. Total 796,60

  Comprimento total de estacas: 1506m

O custo de utilizar a estaca Hélice conforme o projeto (Figura 14) seria de R$ $760.877,63$ sendo extremamente viável foi definida com função para a fundação.

Além da otimização de material e a redução dos custos, a estaca hélice de forma indireta, proporcionou a redução no número de perfis de contenção sendo que:

- Perfil Metálico: 65 Perfis W250x38,5 e 40 Perfis W310X52 resultando em um Comprimento Total de 1050m
- Estaca Hélice: 22 Perfis W250x38,5 e 66 Perfis W310X52 resultando em um Comprimento Total de 880m

Devido a estaca Hélice ser escavada, além de não representar riscos para os vizinhos, reduz o número de perfis de contenção devido a ausência de vibração excessiva da cravação do perfil metálico.

5.3 Obra Torre AK

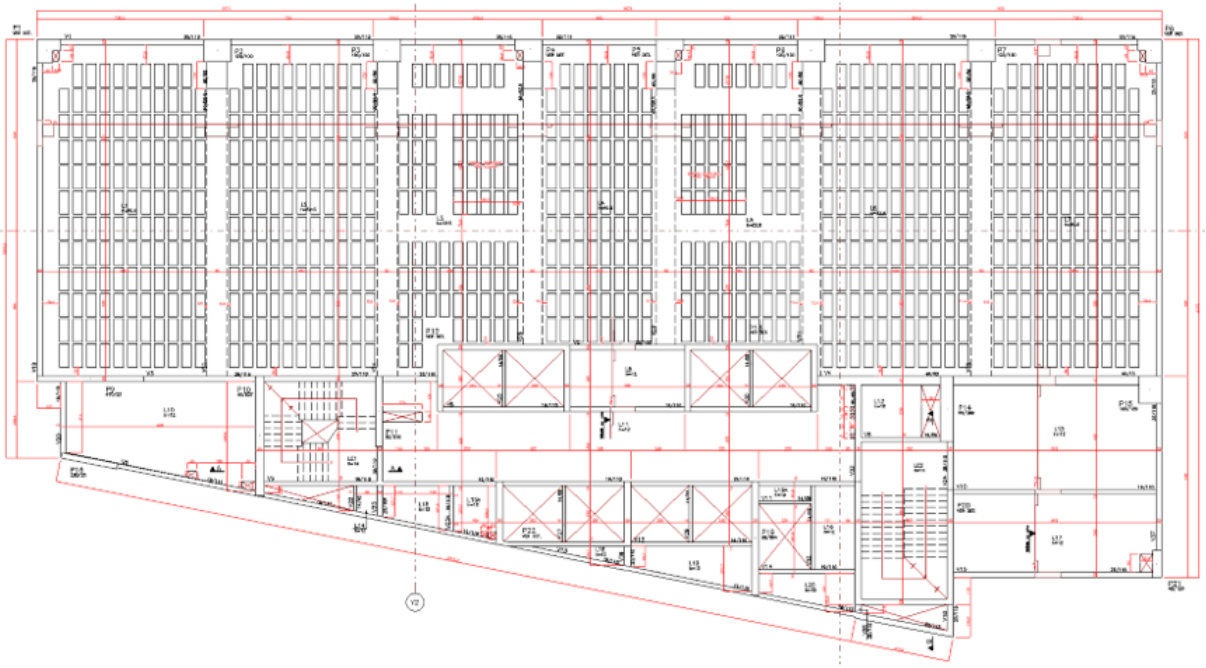
Para a obra Torre AK, a engenharia de valor foi utilizada, atuando na redução dos custos da etapa estrutural do empreendimento.

O sistema estrutural foi projetado de forma nervurada, um sistema que apresenta por diferencial lajes nervuradas. Um modelo de laje com superfície inferior lisa, mas que forma volumes prismáticos ou volumes cúbicos, delimitados pelas vigas ou nervuras.

Este tipo de laje apesar de possibilitar vencer grandes vãos, eleva substancialmente o volume de concreto e o peso próprio da estrutura, exigindo uma armação mais robusta para as vigas e a laje resistirem às solicitações estruturais.

Este volume alto de concreto e de aço repercutiram negativamente nos custos da obra afinal com base no projeto representado pela Figura 15, quantificou-se para os 24 pavimentos:

Figura 15 – Projeto da Estrutura Nervurada



Fonte: ROCONTEC

- Volume de concreto: 16.627,4m^3
- Consumo de aço: 2.073.870Kg
- Espessura da laje: 41,9 cm

Assim, da fase de orientação foi definida a Função Básica: Projetar Estrutura e as funções secundarias: Lajes e Vigas.

Como premissas de desenvolvimento, as alternativas deveriam apresentar a capacidade de resistir a grandes vãos com a atitude sustentável de reduzir o consumo de materiais.

Com isto, iniciou-se a fase criativa, estabelecida pela equipe multidisciplinar duas vertentes de estudo: uma relacionada as vigas, e a outra relacionada a laje.

No desenvolvimento das vigas, a única solução possível foi buscar a alternativa que favorece-se as vigas executarem o vencimento dos vãos e aliviar as solicitações nas lajes. Dentre as possibilidades, solução encontrada foi a utilização de vigas protendidas.

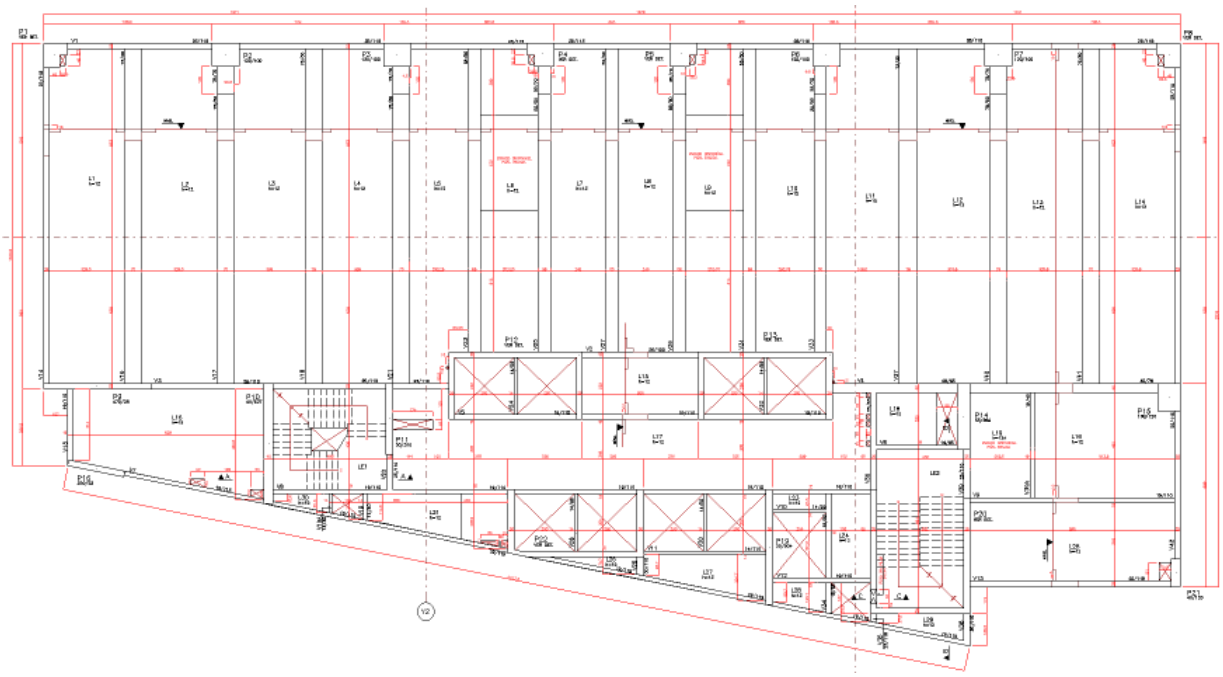
As vigas protendidas são peças estruturais que apresentam além do concreto e do aço as cordoalhas. Após a concretagem da peça, as cordoalhas são tracionadas, resultando na ação de forças de compressão no concreto, proporcionando o ganho de resistência para vencer grandes vãos.

Dessa forma, com a alteração das vigas foi possível alterar o sistema para execução da laje, passando a ser projetada de forma tradicional em concreto armado.

A composição da viga protendida com a laje convencional em concreto armado compõem uma estruturação reticulada em que a transmissão dos esforços ocorre através de elementos isolados tais como lajes, pilares e vigas.

Após a análise da alternativa proposta, quantificou-se a estrutura reticulada, segundo o planejamento do projeto (Figura 16), tendo por resultado:

Figura 16 – Projeto da viga Protendida e laje Convencional



Fonte: ROCONTEC

- Volume de concreto: 14.230,00m^3
- Consumo de aço: 1.707.600Kg
- Espessura da laje: de 41,9 cm para 32 cm

Assim, a função alternativa foi a escolhida, sendo executada segundo o projeto (Figura 17). Representou uma redução de $2397,02$m^3 de concreto e $366.270,00$Kg de aço. Está otimização de material, gerou a redução de custos de R$ $3.235.977,00$.

Figura 17 – Execução Estrutura Reticulada



Fonte: ROCONTEC

5.4 Obra Alto da Boa Vista

Para a obra do alto da Boa Vista, a engenharia de valor teve aplicação direta na etapa de alvenaria.

Segundo o projeto inicial a função alvenaria, representada na Figura 18, foi definido como alvenaria estrutural. Neste tipo de alvenaria não há vigas e pilares, ficando a cargo dos blocos estruturais a função portante da estrutura. (PASTRO, 2007)

Todavia, a utilização deste sistema impediria a junção dos apartamentos, engessando as unidades e diminuindo consideravelmente o atrativo de expansão dos apartamentos e assim diminuindo o valor de compra e venda dos clientes.

Por isso, neste caso a engenharia de valor foi utilizada para agregar valor por meio do ganho de funcionalidade e, por conseguinte, aumento do atrativo compra e venda.

Assim a função básica utilizada fixou-se em Vedação da estrutura, tendo por funções secundarias o fechamento perimetral e fechamento interno.

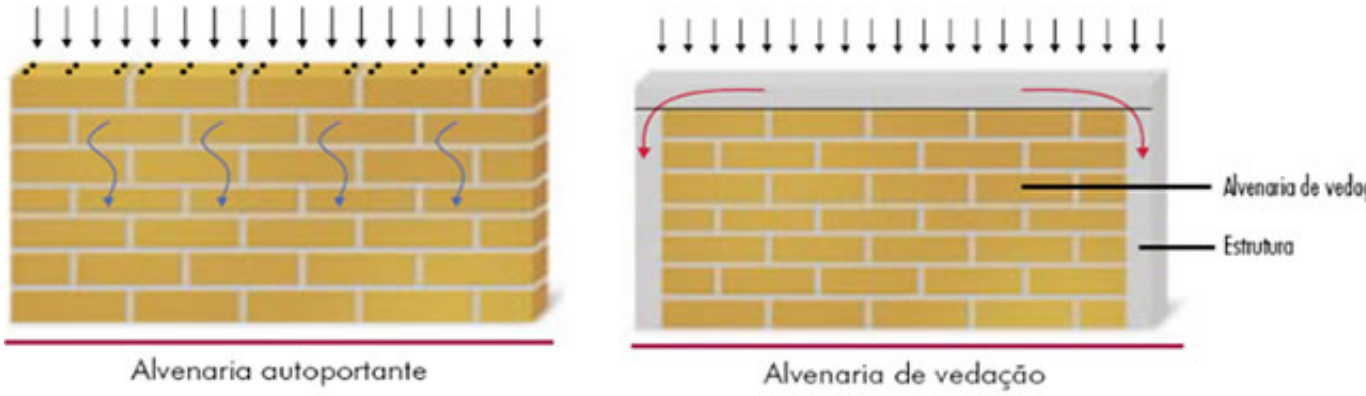
Como premissa básica no desenvolvimento de novas alternativas definiu-se pela percep-

ção do cliente:

- Paredes internas Dinâmicas: paredes que possibilitassem a junção das unidades e a readequação dos ambientes.
- Paredes Externas Resistentes: Por ser um edifício de 20 andares a vedação externa deveria resistir às solicitações, garantindo a segurança dos moradores e o atendimento a itens de norma como estanqueidade, transmitância térmica, entre outros..

Assim na fase criativa a alternativa possível foi a alvenaria de vedação. Esta alvenaria, diferente da alvenaria estrutural, não exerce função estrutural, sendo que a estrutura foi modificada para uma estrutura reticulada em pilares, vigas e lajes de concreto armado e o fechamento em alvenaria de blocos de concreto, conforme a Figura 18 (PASLAUSKI, 2019).

Figura 18 – Alvenaria Autoportante (Estrutural) e Alvenaria de Vedação



Fonte:(PASLAUSKI, 2019)

Desta forma, com a premissa de junção de apartamentos as alvenarias de vedação poderiam ser demolidas, possibilitando a readequação dos ambientes e as paredes externas periféricas resistiriam as solicitações e protegeriam os clientes.

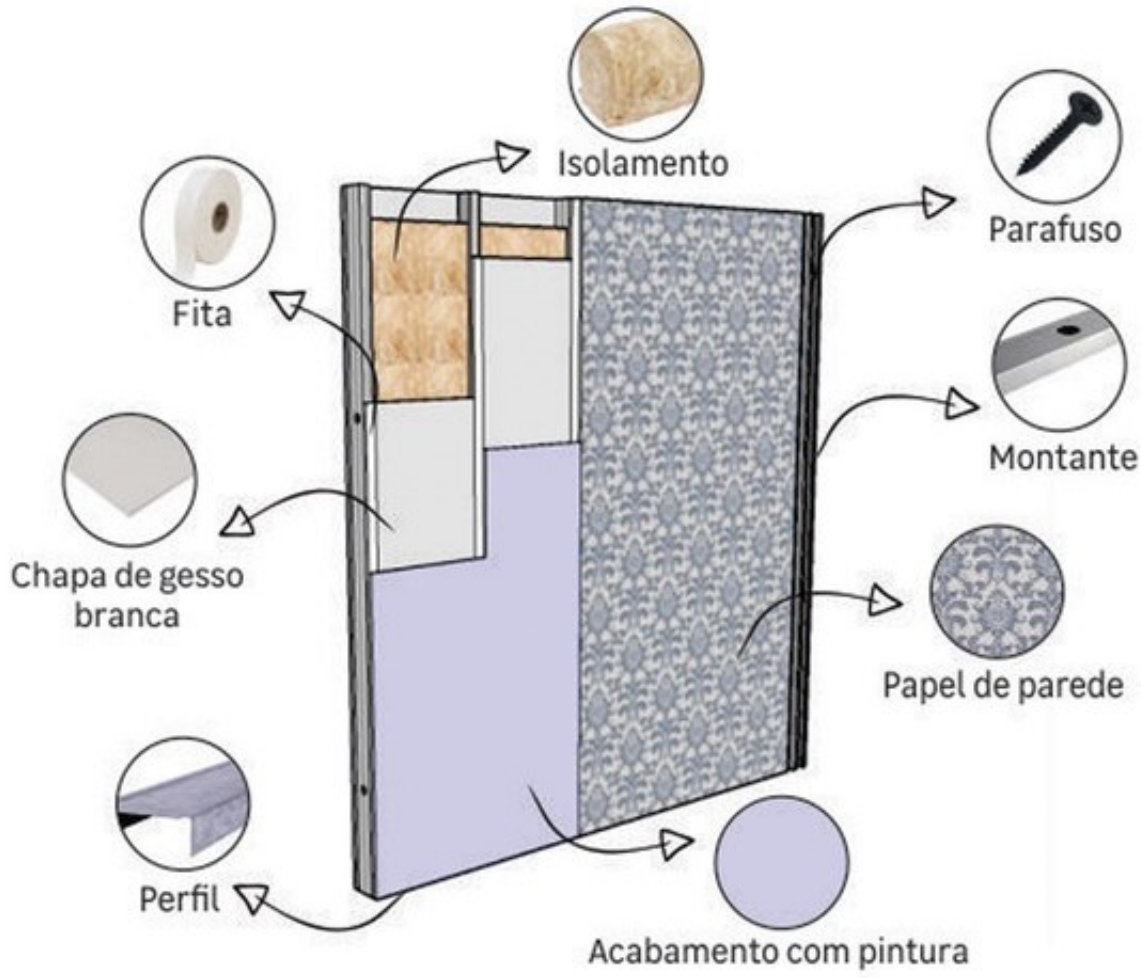
Apesar de ser uma alternativa factível e que agregaria valor, conforme as premissas do cliente, a readequação dos ambientes oriundo das incorporações dos apartamentos adjacentes seria um processo oneroso e que repercutira negativamente nas questões sustentáveis.

Oneroso pois seria necessário demolir os blocos de concreto de vedação, limpar o entulho e a sujeira da demolição, assentar as novas alvenarias de vedação exigindo espaços para armazenamento dos blocos e gerando sujeira excessiva.

Isso repercutiria negativamente em questões ambientais pelo montante de entulho gerado na demolição. Por isso, a fase criativa foi retroalimentada e pela pesquisa e pelos conhecimentos tecnológicos da equipe multidisciplinar a nova alternativa proposta foi o Drywall.

O drywall, representado pela Figura 19, pode ser definido como um sistema de construção a seco composto por perfis, tratamento acústico (lã mineral – Isover) e placas de gesso pré-fabricada. Paredes em drywall são muito mais leves, mais baratas e mais rápidas do que as construções de alvenaria, possibilitam a flexibilidade de readequação dos ambientes de forma eficiente e sustentável (LEE et al., 2007).

Figura 19 – Drywall



Fonte: (LEE et al., 2007)

Todavia, diferentemente da alvenaria de vedação, para as paredes externas o drywall apresenta-se vulnerável aos intemperes e aos esforços solicitados, deixando de atender a requisitos mínimos, inclusive itens de norma como a NBR 15575, norma de desempenho para edificações habitacionais, deixando de proteger os moradores desses apartamento.

Por isso, como resolução perfeita do problema da alvenaria estrutural houve a substituição desta função pré estabelecida em uma estrutura reticulada com Paredes externas em alvenaria de vedação e paredes internas em drywall.

Assim, a EV agregou valor através da funcionalidade de uma estrutura que possibilitasse

reestruturação dos ambientes internos, caso houvesse a incorporação de unidades no pavimento, sem perder a segurança ao cliente.

Além disso, indiretamente a engenharia de valor possibilitou a redução de custos, afinal o custo por metro quadrado da alvenaria estrutural, no período em que foi realizada engenharia de valor para o empreendimento, se aproximava de 50 reais, enquanto para alvenaria de vedação estima-se 40 reais por metro quadro e drywall 20 reais por metro quadrado (PASLAUSKI, 2019; LEE et al., 2007).

6 Considerações Finais

Este trabalho de graduação, teve por foco realizar o estudo de caso dentro da empresa Rocha Construções e Tecnologia - ROCONTEC para mostrar como a aplicação da engenharia de valor durante a orçamentação, análise de projetos e execução da obra pode contribuir para a otimização de um empreendimento e até mesmo viabilizar sua execução.

Na Obra Prevent Senior Santos Dumont o uso desta ferramenta proporcionou a redução do custo nos serviços preliminares, respeitando as premissas definidas para a análise e repercutindo no desenvolvimento de uma nova tecnologia: o canteiro em stell frame.

Na Obra de Brooklin Xpression a etapa de Fundação foi contemplada pela mudança do perfil metálico para as estaca hélice proporcionando uma fundação mais segura do ponto de vista do vizinho, mais otimizada em termos de estacas e contenção e mais econômica: redução de 54,8% dos custos.

Para a Obra Torre AK houve a otimização no uso de concreto e de aço pela mudança de uma Estrutura Nervurada para um Estrutura reticulada em vigas protendidas e laje convencional respeitando as premissas estruturais. Assim, além de reduzir os custos, a otimização do material proporcionou índices sustentáveis favoráveis.

Já na Obra Alto da Boa Vista, a exigência do cliente de uma estruturação dos pavimentos que proporcionassem o atrativo de incorporação e reestruturação dos apartamentos, só foi possível pelo desenvolvimento em função da EV que resultou em uma estrutura reticulada com Paredes de periferia em alvenaria de vedação e as paredes internas em Drywall. Com isso, além de agregar valor e agradar o cliente, foi possível reduzir os custos.

Pelo estudo de caso, fica evidente a capacidade da Engenharia de Valor na Construção Civil na redução de custos, na incorporação e otimização de novas tecnologias, processos e materiais sobre as premissas e particularidades de cada função/análise.

Ademais, observando a construção do estudo de casos, todos os benefícios desta ferramenta não foram restritos a uma etapa construtiva ou a um tipo de construção. Conforme os casos, seus benefícios contemplaram desde os serviços preliminares ao acabamento em obras residenciais de alto e médio padrão e de obras da área da saúde.

Todavia, em todos os casos foi crucial o conhecimento amplo de todas as possibilidades, tipos e tecnologias. Como exemplo na Obra Alto da Boa Vista foi crucial o conhecimento teórico e de execução da alvenaria estrutural, alvenaria de vedação, estrutura reticulada e da nova tecnologia de drywall.

Por isso, é importante uma análise multidisciplinar baseada em um processo criativo (*Brainstorm*) pois facilita a retroalimentação da análise e possibilita a reengenharia.

Por fim, este trabalho de graduação mostrou que a Engenharia de Valor é a medida exata de análise econômica para a construção civil afinal com eficiência agrega valor na percepção do cliente e reduz custos de processos, favorecendo a entrega de um produto final com alta eficiência, funcionalidade e qualidade garantindo o sucesso da construtora em garantir a satisfação do cliente, mesmo com um Preço Máximo Garantido .

Referências

BECKER, A. C. et al. Proposta metodológica para a elaboração do projeto em nível conceitual para a melhoria da qualidade: aplicação na infra-estrutura do cetec/upf. *Ambiente Construído*, v. 6, n. 3, p. 35–51, 2006.

BOLLAS, C. Criatividade e psicanálise. *Jornal de Psicanálise*, Instituto de Psicanalise da Sociedade Brasileira de Psicanalise de Sao Paulo, v. 43, n. 78, p. 193–209, 2010.

COOPER, R.; SLAGMULDER, R. *Target costing and value engineering*. [S.l.]: Routledge, 2017.

DOMINGUES, J.; SELLITTO, M. A.; LACERDA, D. P. Análise de valor e engenharia de valor: estudo de caso em serviços. *Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS*, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, v. 10, n. 4, p. 373–385, 2013.

FERRARI, R. C. Evolução da construção civil – a passagem da casa para o edificio no entorno do parque moscoso. 2005.

GOLDMAN, P. *Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira*. [S.l.]: Pini, 1997.

JUNIOR, A. C. et al. Análise e engenharia de valor. EESC/USP, 1989.

LEE, T.-H. et al. Seismic performance evaluation of non-structural components: drywall partitions. *Earthquake engineering & structural dynamics*, Wiley Online Library, v. 36, n. 3, p. 367–382, 2007.

MILITO, D. J. A. D. Técnicas de construção civil. *São Paulo: Desenvolvimento de material didático ou instrucional-Apostila*, 2009.

OSTROWER, F. Criatividade e processos de criação. Vozes Petrópolis, RJ, 1978.

PASLAUSKI, M. A. Estudo comparativo de custos entre construção realizada em alvenaria estrutural e construção em concreto armado com alvenaria de vedação. 2019.

PASTRO, R. Z. Alvenaria estrutural sistema construtivo. *Universidade São*, 2007.

ROBERT, G.; GRANJA, A. D. Engenharia de valor na concepção de unidades comerciais de varejo. *Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, v. 11, p. 1, 2006.

RUIZ, J. d. A. Engenharia de valor na construção de edifícios: simulação de aplicações. [sn], 2011.

SOARES, G. N. Proposição de um modelo de gestão da produtividade e retroalimentação orçamentária. 2016.

TAVES, G. G. Engenharia de custos aplicada à construção civil. *Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro*, 2014.

YOKOTA, A. A. et al. Abordagem da engenharia de valor como estratégia de redução de custos em projetos habitacionais de interesse social. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 13, 2010.