

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Renato James Herrmann

**ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO
WORKFACE PLANNING: ESTUDO DE CASO EM OBRA**

Porto Alegre
junho 2016

Renato James Herrmann

**ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE
PLANEJAMENTO *WORKFACE PLANNING*:
ESTUDO DE CASO EM OBRA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Eduardo Luís Isatto

Porto Alegre
junho 2016

RENATO JAMES HERRMANN

**ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO
WORKFACE PLANNING: ESTUDO DE CASO EM OBRA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador .

Porto Alegre, 22 de junho de 2016

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luis Carlos Bonin (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Édina Quissini Casagrange (UFRGS)
Engenheira pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Reinaldo e Eliane pelo carinho, apoio e incentivo durante toda a minha educação. São meus exemplos de dedicação.

Ao meu orientador, Prof. Eduardo Luís Isatto pelo rigor de pesquisa exigido e aconselhamento preciso quanto ao rumo deste trabalho.

À Engenheira Édina Casagrande e ao Engenheiro Adson Mello Machado pela disponibilidade e aconselhamento.

À Profa. Carin Maria Schmitt, por sua crítica construtiva.

Aos meus colegas de faculdade, pela parceria de estudos e amizade.

Ao meu irmão, Leonardo.

Aos meus padrinhos, Carlos e Rosângela.

À minha namorada, Maria Laura pelo carinho e parceria dos últimos anos e pela qual tenho grande admiração.

RESUMO

No contexto das construtoras de grande escala nas quais os planos de um projeto são realizados em níveis de longo, médio e curto prazo e na maioria dos casos por equipes distintas, é necessário que exista uma sincronia entre todos os horizontes de planejamento para o alcance dos seus objetivos. Para que isto ocorra, cabe a equipe de produção o cumprimento de todas as metas estabelecidas pelos planos de níveis mais altos ou, em último caso, a reprogramação de atividades inviáveis quanto ao custo ou capacidade de gerenciamento de recursos. Este trabalho buscou a integração de princípios da construção enxuta de aumento de transparência, padronização e aperfeiçoamento de processos com o processo de planejamento chamado de *Workface Planning*, o qual especifica entregas parciais como passos para criação de um plano detalhado a nível de curto prazo da produção. Usando como inspiração este processo já consolidado, foi proposta uma adaptação do processo com a adição do conceito de sistemas de classificação de informação baseados em localização ou zoneamento para um controle mais preciso de parâmetros de custo e de prazo. Foi realizado um estudo de caso com a aplicação do processo em um caso e, posteriormente, foi feita aplicação em um segundo caso com melhorias. Como resultado foi possível a identificação de restrições e remoção das mesmas a tempo de não afetar a produção. Da mesma forma, foi realizada uma análise de eficiência do processo provando ser de aplicação plausível e também mapeadas inconformidades entre custo orçado e realizado.

Palavras-chave: Gerenciamento de projeto. Gerenciamento de custo. Sistemas de Classificação da Informação. Planejamento e Controle da Produção. Construção enxuta. Planejamento baseado em zonemaneto. *Workface Planning*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores de contratos por horas trabalhadas de trabalhadores horistas	6
Figura 2 – Exemplo de diagrama de projeto	17
Figura 3 – Relação linear básica da linha de balanço	20
Figura 4 – Exemplo de rede de caminho crítico	21
Figura 5 – Limites da linha de balanço para uma sub-rede.....	21
Figura 6 – Exemplo de sub-rede da linha de balanço	22
Figura 7 – Representação de <i>buffers</i> entre tarefas	22
Figura 8 – Linhas de fluxo para tarefas 1 a 5	23
Figura 9 – Delineamento	29
Figura 10 – Estrutura organizacional da empresa estudada	31
Figura 11 – Processo de planejamento da empresa estudada.....	32
Figura 12 – Curva físico-financeira	34
Figura 13 – Zoneamento das torres.....	36
Figura 14 – Entrega parcial 1 do plano de pacote de trabalho do caso 1	38
Figura 15 – Foto de circulação de andar tipo da torre A.....	39
Figura 16 – Cartão kanban de kit de luminárias de andar tipo da torre A	40
Figura 17 – Entrega parcial 2 de plano de pacote de trabalho do caso 1	42
Figura 18 – Consumos unitários de instalação de luminária da TCPO	43
Figura 19 – Linha de fluxo do caso 1	43
Figura 20 – Entrega parcial 3 do plano de pacote de trabalho do caso 1	45
Figura 21 – Foto setor E do primeiro subsolo	46
Figura 22–Entrega parcial 1 do plano de pacote de trabalho do caso 2.....	47
Figura 23–Zonas de trabalho caso 2	48
Figura 24–Layout canteiro primeiro subsolo	49
Figura 25–Plataforma de trabalho aéreo	50
Figura 26–Área de estocagem e içamento de células de fachada.....	50
Figura 27–Entrega parcial 2 de plano de pacote de trabalho do caso 2	51
Figura 28 – Consumos unitários eletrocalha perfilado liso em chapa de aço da TCPO	52
Figura 29 – Linha de fluxo caso 2	53
Figura 30 – Entrega parcial 3 de plano de pacote de trabalho do caso 2	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tabela de modelos de contratos	12
Quadro 2 – Zoneamento do empreendimento estudado.....	35
Quadro 3 – Levantamento de metros lineares de eletrocalha.....	52

LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PPC – Percentual de Pacotes de Trabalho Concluídos

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

WBS – *Work Breakdown Structure*

TCPO - Tabela de Composição de Preços para Orçamento

LISTA DE SÍMBOLOS

$t_0^{(0)}$ – início do projeto

$t_j^{(0)}$ – data mais cedo de início de uma etapa j

y_{ij} – duração do trabalho

P – projeto.

λ – data de conclusão do projeto

$t_n^{(1)}$ – data de término da última etapa

$t_i^{(1)}$ – data de término de uma etapa i

$t_j^{(1)}$ – data de término de uma etapa j

T – tempo

Q – Quantidade de unidades entregue no tempo t

m – taxa de produtividade

C – Unidades já prontas antes de começo de trabalhos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	3
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	3
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	3
2.2.1 Objetivo principal.....	3
2.2.2 Objetivos secundários.....	3
2.3 PREMISSA	3
2.4 LIMITAÇÕES.....	4
2.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS E A CONSTRUÇÃO CIVIL	5
3.1.1 Indústria da construção e projetos de engenharia.....	5
3.1.2 Gerenciamento de projetos aplicado na construção civil.....	7
3.2 GERENCIAMENTO DO ESCOPO E DA INFORMAÇÃO	9
3.3 GERENCIAMENTO DO CUSTO E DE CONTRATOS.....	11
3.4 GERENCIAMENTO DO TEMPO	13
3.4.1 Planejamento e Controle da Produção.....	13
3.4.1.1 Etapas do planejamento	13
3.4.1.2.1 Preparação do processo de planejamento	14
3.4.1.2.2 Planejamento de longo prazo.....	14
3.4.1.2.3 Planejamento de médio prazo	15
3.4.1.2.4 Planejamento de curto prazo.....	15
3.4.2 Técnicas de Programação.....	16
3.4.2.1 Método do caminho crítico.....	16
3.4.2.2 Planejamento baseado em zoneamento	19
3.4.2.3 Método da linha de balanço.....	20
3.4.2.4 Método da linha de fluxo	22
3.5 <i>WORKFACE PLANNING</i>	24
3.6 PROPOSIÇÃO DE ADAPTAÇÃO DO PROCESSO	25
3.6.1 Entrega parcial 0: Zonamento.....	26
3.6.2 Entrega parcial 1: Apresentação e detalhamento do escopo do trabalho.....	26
3.6.3 Entrega parcial 2: Relação de restrições.....	27
3.6.4 Entrega parcial 3: Dimensionamento de equipe de acordo com custo e prazos previstos.....	28
4. MÉTODO DE PESQUISA	29
4.1 DELINEAMENTO	29
4.2 FONTES DE EVIDÊNCIA	30
4.3 EMPRESA E OBRA DO ESTUDO DE CASO	30
5. ESTUDO DE CASO.....	32
5.1 DIAGNÓSTICO.....	32

5.2 DESCRIÇÃO DAS APLICAÇÕES DO PROCESSO	34
5.2.1 Caso 1: Aplicação de processo de planejamento	36
5.2.2 Caso 2: Aplicação de processo de planejamento	46
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	55
6. CONCLUSÕES	57

1 INTRODUÇÃO

Como prática do mercado de construção em grande escala, o planejamento da produção de longo e médio prazo é de responsabilidade e autoria de equipes de planejamento envolvidas no estudo de viabilidade econômica do empreendimento para cumprimento de seus objetivos finais. Estas equipes podem ou não estar diretamente envolvidas no gerenciamento da produção, sendo seu papel informar e controlar as metas definidas pelo plano mestre a equipe de produção. A esta equipe de produção, cabe desenvolver um plano de curto prazo (normalmente envolvendo um período de uma semana) e analisar a sua viabilidade levando em conta restrições envolvidas.

A viabilidade do plano de curto prazo é realizada com gestão de recursos (humanos e suprimentos), de riscos (segurança), de orçamento e de produção através de estimativas de produtividade. Estas estimativas de produtividade podem depender da experiência do responsável pela produção, no caso o engenheiro, podem ser obtidas com base em informações fornecidas pelos executores da tarefa, que podem ou não ser verdadeiras, e podem ser consultadas em uma base de dados de um histórico ou ensaio específico.

Após este pré-dimensionamento do plano de curto prazo e identificado alguma inviabilidade, cabe a equipe tomada de novo plano de ação ou estratégia para remoção destas restrições ou, em último caso, o *feedback* para que estas metas sejam reprogramadas. Assim é possível manter a sincronia entre equipe de produção e equipe de planejamento. Caso não exista esta sincronia a avaliação do cumprimento dos objetivos finais de um empreendimento pode estar comprometida.

Caso as estimativas de produção adotadas não se realizem ou as restrições não sejam devidamente identificadas e removidas impedindo o andamento dos trabalhos, podem ocorrer atrasos, que se estiverem associados ao caminho crítico do projeto, impactarão na data final de entrega do mesmo. O atraso na entrega pode implicar em litígio entre contratantes, prejudicados pela quebra do acordo firmado, e contratados responsáveis pela execução. Além do prejuízo financeiro direto com custos de multas, o atraso na data de entrega causa prejuízo na imagem e na reputação do contratado. Imagem e reputação são fundamentais no mercado da construção

civil já que, sem elas, clientes e instituições financeiras dificultarão o acesso a crédito para a construção.

Além de impactar no prazo, atividades mal planejadas dificultam o controle de custo e de qualidade do que é produzido. Inconformidades de custo e qualidade também geram os mesmos tipos de prejuízo mencionados à contratada. Uma obra de engenharia civil demanda diariamente considerável dispêndio de capital independentemente da evolução da construção devido a custos fixos. Se preza na indústria da construção a otimização de recursos disponíveis como mão-de-obra, materiais e locação de equipamentos a fim de evitar a sua ociosidade.

Em busca do melhor aproveitamento de recursos e garantindo maior confiabilidade ao plano de curto prazo a fim de evitar atrasos, existem processos de planejamento como o *Workface Planning*. Esse tipo de processo pode ser adotado para identificação e remoção das restrições através de gestão ativa além de definir o escopo exato do trabalho. Isatto (2016) afirma que apesar do processo *Workface Planning* ter sido desenvolvido para realização de um pré-dimensionamento dos pacotes de trabalho, sua utilização não tem sido associada com o sistema *LastPlanner*, o qual prevê um detalhamento progressivo dos pacotes de trabalho e a sua definição operacional com antecedência extremamente pequena em relação a sua execução por equipes de caráter operacional.

O plano traçado também deve levar em conta o custo projetado pelo orçamento nas diversas contas controles da estrutura analítica do projeto. Para simplificar o controle do plano quanto a parâmetros de custo e produção também será explorado neste trabalho sistemas de classificação de informação como o de divisão por zonas, a fim de definir as unidades a serem construídas como recipientes de informações.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: como integrar o *workface planning* a um sistema de planejamento baseado no *lastplanner*, em obras de edificação?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a avaliação da viabilidade de integração do *workface planning* a um sistema de planejamento baseado no *lastplanner* em uma obra .

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) avaliação da viabilidade da associação do *workface planning* com o detalhamento progressivo dos pacotes de trabalho;
- b) avaliação da eficiência do processo proposto;
- c) análise de atendimento de custo orçado dos pacotes de trabalho de acordo com o plano determinado.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que processos de planejamento como *Workface planning* aumentam a eficácia do planejamento.

2.4 LIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à adaptação do processo de planejamento *Workface planning* com uso da base de dados da tabela de composição de preços para orçamento (TCPO), normas brasileiras de segurança e conceitos de gestão de projetos do PMBOK, PCP *LastPlanner* e *LeanConstruction*.

2.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como delimitação o desenvolvimento de um processo para uso de equipes de produção da construção civil que desenvolvam planejamentos de curto, médio e longo prazo de acordo com o *LastPlanner*, em obras de edificação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

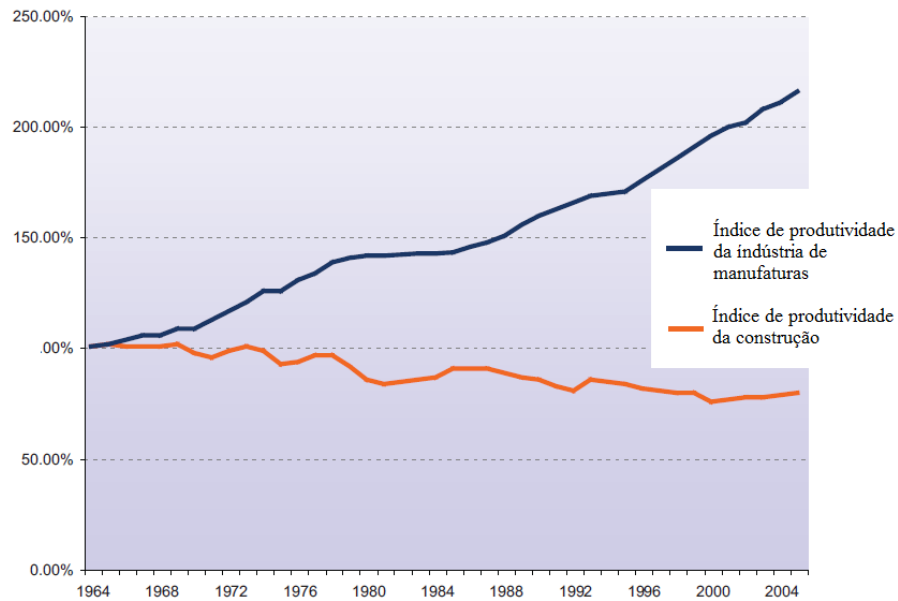
Este capítulo destina-se à fundamentação teórica dos conceitos de projetos, gerenciamento de projetos, gerenciamento de custo, gerenciamento de escopo, gerenciamento do tempo e processos de planejamento.

3.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS E A CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1.1 Indústria da construção e projetos de engenharia

A indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) se organiza para criação de produtos ou bens tangíveis pela forma de projetos. Diferente de uma operação, um projeto se caracteriza por um esforço temporário para entrega de um produto geralmente com características únicas e com data de conclusão pré-determinada para alcance de seus objetivos. (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013). Ainda, de acordo com *McGraw Hill Construction* (2007, p. 6), a produção da indústria da construção americana tem caído significativamente nos últimos 40 anos comparada com outros segmentos como ilustra a figura 1 no quesito valores de contrato por horas trabalhadas. Levando em conta que esta é a situação em um país pioneiro no desenvolvimento de tecnologia da construção, um cenário familiar ou até pior pode ser apresentado pela indústria da construção brasileira. Hardin (2009) afirma que a falta de comunicação e colaboração de informações de projeto entre as partes interessadas são fatores contribuintes para a situação.

Figura 1 – Valores de contratos por horas trabalhadas de trabalhadores horistas



(fonte: MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2007)

Os Projetos de engenharia civil englobam uma complexa composição de diferentes sistemas pertencentes a diferentes disciplinas. Segue lista de disciplinas de um projeto de uma edificação, mas que não se limitam a:

- a) estrutural (infra-estrutura e supra-estrutura)
- b) hidráulica (instalações hidrossanitárias e de incêndio)
- c) edificações (sistemas de vedação e impermeabilização)
- d) elétrica (instalações elétricas e de lógica)
- e) climatização (instalações de ar-condicionado e exaustão)

O intento do projeto é transmitido por informações ou especificações agrupadas de acordo com sua respectiva disciplina. Estas devem ser estabelecidas previamente à construção e a falta das mesmas por erros, mudanças e omissões frequentemente resultam em custos não previstos, atrasos e eventuais litígios judiciais (EASTMAN et al., 2014). Estas especificações habitualmente são documentas de forma discreta por plantas 2D digitais em formatos CAD e PDF.

Por sua vez, agentes informados da indústria da construção e cientes do panorama geral da indústria em relação à deficiência produtiva começaram a revisar processos habitualmente adotados e passaram a exigir maior interoperabilidade entre equipes, pacotes computacionais, melhores ferramentas, menos solicitações de alteração e menos dúvidas durante a execução.

(HARDIN, 2009). Como solução ao problema exposto, métodos e ferramentas que envolvem a utilização de visualização e classificação da informação, que serão melhores definidas adiante, aliados com boas práticas de gerenciamento de projetos podem desempenhar papel fundamental.

3.1.2 Gerenciamento de projetos aplicado na construção civil

Segundo o PMBOK®, gerenciamento de projetos é “[...] a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos.” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013, p. 5). Os mesmos autores ainda indicam que

“[...] gerenciamento de projetos incluem, mas não se limitam a:

- a) identificação dos requisitos;
- b) abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto;
- c) estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas;
- d) gerenciamento das partes interessadas visando o atendimento aos requisitos do projeto e a criação das suas entregas;
- e) equilíbrio das restrições conflitantes que incluem, mas não se limitam, a:
 - escopo;
 - qualidade;
 - cronograma
 - orçamento;
 - recursos;
 - riscos.” (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 6).

Segue definição das restrições conflitantes cuja prática de gerenciamento de projetos busca o equilíbrio:

- a) **escopo**: é a soma dos produtos, serviços e resultados a serem fornecidos na forma de projeto. Pode ser diferenciado entre **escopo do produto**, características e funções que descrevem um produto, serviço ou resultado, e **escopo de projeto**, o trabalho que deve ser realizado para entregar um produto serviço ou resultado com as características e funções especificadas (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 543);

- b) **qualidade:** é o grau com que um conjunto de características inerentes atende aos requisitos (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p.559);
- c) **cronograma de projeto:** é um resultado de um modelo de cronograma que demonstra a conexão de atividades com suas datas, durações, marcos e recursos planejados (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 537);
- d) **orçamento:** a estimativa aprovada para o projeto ou qualquer componente da estrutura analítica do projeto ou atividade do cronograma; (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 554);
- e) **recurso:** recursos humanos especializados (disciplinas específicas, individualmente ou em grupos ou equipes), equipamentos, serviços, suprimentos, commodities, materiais, orçamentos ou fundos (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 540);
- f) **risco:** um evento ou condição incerta que, se ocorrer,provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 562).

Estas restrições são classificadas como conflitantes pois a alteração de alguma delas causará efeito em pelo menos alguma outra. Por exemplo, uma redução no cronograma provavelmente causará aumento no orçamento para inclusão de recursos com o objetivo de concluir a mesma quantidade de trabalho em menos tempo. Caso não seja possível um aumento no orçamento, o escopo ou qualidade poderão ser alterados para entrega do produto do projeto em menos tempo e com o mesmo orçamento, porém com a possível adição de riscos .A fim de entregar o projeto com sucesso, cabemaspartes interessadas no projeto a definição sobre quais fatores são os mais importantes. A equipe de projeto deve avaliar situações para equilibrar as alterações e manter uma comunicação proativa com as partes interessadas. (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013).

Os conceitos de gerenciamento de projetos podem ser formatados para a aplicação direta na construção civil. A *Construction Management Association of America* define gerenciamento da construção como o uso de sistemas e procedimentos integrados por uma equipe de profissionais durante as fases de design e construção de um projeto de engenharia civil. (CONSTRUCTION MANAGEMENT ASSOCIATION OF AMERICA, 2010, p. 15).

Durante a fase de construção, o objetivo é acelerar e melhorar a eficiência do processo de construção através do planejamento e da execução das atividades projetadas evitando desvios de escopo, custo, qualidade e tempo. (CONSTRUCTION MANAGEMENT ASSOCIATION OF AMERICA, 2010). Para os objetivos desta pesquisa, serão ressaltadas algumas atividades chaves do gerenciamento do escopo e do tempo na construção.

3.2 GERENCIAMENTO DO ESCOPO E DA INFORMAÇÃO

De modo a tornar um projeto mais facilmente gerenciável, o *Project Management Institute* (2010, p.125) sugere a subdivisão das entregas e do trabalho na forma de uma estrutura analítica de projeto (EAP) ou *Work Breakdown Structure* (WBS) que forneça uma visão estruturada do que deve ser entregue.

Ainda de acordo com o *Project Management Institute* (2010, p. 126):

A EAP é uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho a ser executado pela equipe do projeto a fim de alcançar os objetivos do projeto e criar as entregas requeridas. A EAP organiza e define o escopo total do projeto e representa o trabalho especificado na atual especificação do escopo do projeto aprovada.

O trabalho planejado é contido dentro dos componentes de nível mais baixo da EAP, que são chamados de pacotes de trabalho. Um pacote de trabalho pode ser usado para agrupar as atividades onde o trabalho é agendado, tem seu custo estimado, monitorado e controlado. No contexto da EAP, o trabalho se refere a produtos de trabalho ou entregas que são o resultado da atividade e não a atividade propriamente dita.

Quanto à elaboração de uma *workbreakdownstructure* (WBS), Bernardes (2013, p. 12) afirma que esta "[...] deve ser realizada paralelamente ao estudo de zonas de trabalho apropriadas para as equipes produção, atividade esta denominada de zoneamento.". Ele também ressalta que ao elaborar uma WBS, cuidados devem ser tomados para que não se dificulte a explicitação de fluxos da produção que serão abordados no decorrer.

De forma mais ampla, a *OmniClass* (2006, p. 2, tradução nossa), sugere um novo sistema de classificação da informação, não apenas do escopo, para a indústria da construção. Este sistema foi desenvolvido para fornecer uma base padrão para classificação da informação na indústria de construção Norte-Americana por todo o ciclo de uma instalação desde a concepção até a sua demolição ou readequação.

O sistema proposto pela *OmniClass* (2006, p. 2, tradução nossa) pode ser usado para organização de informações gerais de projeto, informações de custos, informações de especificações e informações de canais para comunicação. Este sistema consiste de 15 tabelas inter-relacionadas sendo que cada uma representa uma faceta diferente da informação na construção. Cada tabela pode ser usada independentemente para classificar um tipo particular de informação, ou suas entradas podem ser combinadas com outras entradas em outras tabelas para classificação de matérias mais complexas.

Presente também no sistema de classificação *OmniClass*, Kenley e Seppanen (2009) sugerem que a estrutura analítica mais adequada para o planejamento de projeto de construção comercial é a estrutura analítica de locais ou zonas. Segundo os mesmos autores, para definição da hierarquia entre zonas devem ser seguidas as seguintes orientações:

- a) A hierarquia de zona de nível mais alto deve consistir de locais que possam ter suas estruturas construídas de forma independente de outras seções de mesmo nível. (por exemplo, edifícios individuais ou componentes estruturas independentes que compõem uma estrutura maior);
- b) Níveis intermediários devem ser definidos de modo que o fluxo possa ser planejado através das zonas de nível intermediário (por exemplo, pavimentos de um projeto de construção residencial, onde um pavimento é geralmente concluído antes de outro em sequência);
- c) Zonas de níveis mais baixo geralmente devem ser pequenas de modo que estes locais possam ser monitorados com precisão (locais cujos responsáveis possam avaliar a conclusão de trabalhos).

Segundo Formoso (2001), zoneamento é a forma de identificar as áreas de trabalho, designando as unidades de controle da produção. A norma brasileira NBR 12721 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 3) estabelece as seguintes definições quanto ao zoneamento de edificação:

- a) pavimento: conjunto de edificações cobertas ou descobertas situadas entre os planos de dois pisos sucessivos ou entre o do último piso e a cobertura.
- b) dependências e instalações de uso privativo: conjunto de dependências e instalações de uma unidade autônoma cuja utilização é reservada aos respectivos titulares de direito.
- c) dependências e instalações de uso comum: conjunto de dependências e instalações da edificação que podem ser utilizadas em comum por todos ou parte dos titulares de direito das unidades autônomas.

De acordo com o trabalho de diplomação de Machado (2014), a EAP pode ser detalhada progressivamente. Sendo que o sistema de classificação adotado irá orientar a forma como se dará esse detalhamento. Machado (2014) ainda faz a associação entre a criação da EAP através da abordagem do sistema *lastplanner* que incorpora a incerteza ao processo de planejamento e controle da produção através da consideração de horizontes de planejamento. Deste modo, à medida que as informações se tornam disponíveis, o escopo vai sendo revidado durante a realização do projeto.

3.3 GERENCIAMENTO DO CUSTO E DE CONTRATOS

Segundo o PMBOK®, “[...]gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado.” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013, p. 193)

O plano de gerenciamento de custos descreve como os custos de projeto serão planejados estruturados e controlados. (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013, p. 198). Este plano pode estabelecer os seguintes parâmetros segundo o PMBOK®:

- a) unidades de medida: cada unidade usada em medições (como horas e dias de pessoal ou semanas para medidas de tempo, ou metros, litros ou toneladas para medidas de quantidade, ou importância global em forma de moeda) é definida para cada um dos recursos;
- b) nível de precisão: o grau em que as estimativas de custos das atividades serão arredondadas para cima ou para baixo com base no escopo das atividades e magnitude do projeto;
- c) nível de exatidão: a faixa aceitável usada na determinação das estimativas realísticas de duração das atividades é especificada e pode incluir uma quantidade para contingências;
- d) associações com procedimentos organizacionais: a estrutura analítica de projeto (EAP) fornece a estrutura para o plano de gerenciamento dos custos, permitindo a consistência nas estimativas, orçamentos e controle de custos. O componente EAP usado para a contabilidade de custos do projeto é chamada de conta controle. Cada conta controle recebe um código que se conectam diretamente ao sistema de contabilidade da organização executora;
- e) limites de controle: limites de variação para monitoramento do desempenho de custo que podem ser especificados para indicar uma quantidade de variação combinada a ser permitida antes que alguma ação seja necessária. Normalmente os limites são expressos como percentagem de desvio da linha de base do plano;
- f) regras para medição de desempenho: as regras para medição do desempenho do gerenciamento do valor agregado são estabelecidas. (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013, p. 199)

O PMBOK® define como controle de custo “[...] o processo de monitoramento do andamento do projeto para atualização no seu orçamento e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base de custos. O principal benefício deste processo é fornecer os meios de se reconhecer a variação do planejamento a fim de tomar medidas corretivas e preventivas, minimizando assim o risco.” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013, p. 215)

O risco dividido entre o contratante e contratado é determinado pelo tipo de contrato firmado. O tipo de contrato deve ser escolhido com base nos melhores interesses do projeto sendo que no contrato serão especificados os termos e condições que fixam o nível de risco assumido entre as partes. (PROJECT MANAGEMENT INSTUTE, 2013, p. 322)

O quadro1 traz os tipos de contratos mais usuais da indústria da construção.

Quadro 1 – Tabela de modelos de contratos mais comuns

Modelo	Característica	Vantagem	Desvantagem
<i>Preço global (Lump Sum Price)</i>	Pleno conhecimento do escopo dos serviços. Requer análise cuidadosa dos documentos (desenhos, dados, cronogramas) para maior precisão dos custos.	Permite maior precisão do preço final do serviço (preço original cronogramas) para maior precisão dos custos. dos preços de venda são mais transparentes.	Adjudicação do contrato exige total domínio sobre o escopo. Compatibilização entre prazos e propostas de terceiros pode causar atrasos. Aumento de contingências e de built-in's pode onerar o orçamento.
<i>Administração (Cost Plus a Percentual Fee)</i>	Pagamento dos custos diretos dos fatores de produção que serão aplicados especificamente a determinado serviço. A remuneração percentual deverá cobrir os gastos indiretos, as despesas financeiras e o lucro da empresa.	Mais flexível do que o preço global. Permite o início dos serviços sem que haja a completa definição do escopo dos serviços. Indicado para contratos do tipo "guarda-chuva", onde as decisões têm de ser rápidas e diárias.	Não assegura ao cliente valor preciso sobre o preço total no final dos serviços e não apresenta incentivos à empresa contratada, para minimizar custos e preços.
<i>Tarifas unitárias (preços unitários)</i>	Aplicável quando se consegue definir a qualidade e o tipo do serviço, mas sem precisar a quantidade.	Fácil tabulação; menor ingerência da concorrente na economia doméstica da contratada; transparência nos mixes de categorias profissionais.	Requer controle das medições dos homens-hora efetivamente trabalhados. Pode dificultar as renegociações em casos de dificultar as renegociações em casos de mudanças percentuais de encargos sociais.

(fonte: adaptado de LARA, 1994)

De acordo com os trabalhos de diplomação de Pezzi (2013) e de Rodrigues da Silveira (2015), ambas afirmam que os custos precisam ser detalhados progressivamente. já que a unidade básica de controle da produção é o pacote de trabalho de curto prazo. Rodrigues da Silveira (2015) também propõe que haja uma relação do orçamento não apenas a nível de longo prazo do sistema *lastplanner* pois é essencial a vinculação direta dos custos dos pacotes de trabalho.

3.4 GERENCIAMENTO DO TEMPO

De acordo com a *Construction Management Association of America* (2010) procedimentos devem ser adotados para a criação de planos e para o monitoramento da conformidade do andamento dos trabalhos com a linha de tempo do projeto, que se relaciona ao plano mestre e detalhado da construção. Hardin (2009) define o plano da construção como uma tabela ou gráfico sofisticado que mostra tarefas associadas com os tempos necessários para as suas conclusões e aponta que geralmente não existe nenhuma associação direta com os desenhos em CAD e com as especificações, apenas uma correspondência implícita.

3.4.1 Planejamento e Controle da Produção

Proposto por Ballard (2000), o sistema *Last Planner* vincula os horizontes de planejamento de modo a transformar o que deve ser feito no que pode até que realmente seja feito. Quando as informações necessárias vão se tornando disponíveis, o plano é detalhado progressivamente com o objetivo de aumentar a sua confiabilidade. De acordo com Ballard (2000), o responsável pelo planejamento de curto prazo, um engenheiro gerente da produção por exemplo, deve ter acesso a todas informações e confirmações necessárias para identificar quais tarefas, dentre as que devem ser feitas, que podem ser feitas e se comprometer a entregar as tarefas que serão feitas.

Por isso, a nível operacional, existe a necessidade de se estabelecer quais são as informações necessárias e as restrições de custos e de capacidade para que todas as atividades percorram do nível mais alto de longo até o mais baixo de curto prazo. Este processo deve ocorrer em um certo período de tempo que não comprometa a execução da tarefa.

3.4.1.1 Etapas do planejamento

Planejamento pode ser entendido como a definição de um futuro desejado e de meios eficazes para alcançá-los (ACKOFF¹, 1976¹ apud BERNARDES, 2003, p. 9). Segundo Formoso et al. (1999, p.75) "[...] [o] planejamento pode ser definido como um processo gerencial que envolve

¹ ACKOFF, R. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976.

o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle."

A seguir é proposto divisão das etapas e horizontes do planejamento e controle.

3.4.1.2.1 Preparação do processo de planejamento

De acordo com Isatto (2000, p. 81) a preparação do processo de planejamento:

[...] envolve a definição de procedimentos e padrões de processo de planejamento e controle, tais como: escopo de cada nível hierárquico, frequência de replanejamento em cada nível, formato de planos, indicadores a serem coletados, papel dos diferentes intervenientes, ajustes no fluxo de informações que respaldará o processo.

Uma parte importante desta etapa é definição de processos da produção entre os quais podem ser citadas a criação de padrões de planejamento, por exemplo, a fragmentação das atividades, a identificação de restrições e o estudo do plano de ataque, através da definição dos fluxos de trabalho e materiais dentro da obra (ISATTO et. al., 2000, p.81).

3.4.1.2.2 Planejamento de longo prazo

Segundo Isatto et al. (2000, p.82):

O planejamento de longo prazo tem como principal produto o plano mestre (masterplan). Neste nível são definidos os ritmos em que deverão ser executados os principais processos de produção. Dependendo do nível de incerteza envolvido na obra, pode haver a necessidade de atualizar o plano mestre ao longo da obra.

Isatto et al. (2000, p.83) apontam as principais atividades envolvidas nesta etapa:

- a) **coletar informações:** ao início da obra, são provenientes da etapa de preparação dos planos. No decorrer da obra, a atualização do planos mestre é realizado com informações dos planos de níveis inferiores;
- b) **preparar o plano:** as principais técnicas utilizadas são o diagrama de Gannt, as redes de precedência (CPM ou PERT) de atividades, e a linha de balanço.É a partir do plano mestre que são programados os recursos denominados Classe 1 caracterizados pelo longo ciclo de aquisição e baixa repetitividade do mesmo (como elevadores por exemplo). O planejamento de longo prazo também deve englobar o planejamento de layout de canteiro;
- c) **difundir o plano mestre:** o plano mestre pode ser apresentado através de documentos, cartazes ou verbalmente através de reuniões entre as partes interessadas.

3.4.1.2.3 Planejamento de médio prazo

Segundo Isatto et al. (2000, p. 84):

O planejamento de médio prazo constitui-se num segundo nível, que faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. Neste nível, o planejamento tende a ser móvel, sendo por esta razão denominado de *look ahead planning* ("planejamento olhado para frente"). Os serviços definidos no plano mestre são detalhados e segmentados nos lotes em que deverão ser executados, de acordo com a divisão da obra em zonas de trabalho.

Isatto et al. (2000, p.84) apontam as principais atividades envolvidas nesta etapa:

- a) **coletar informações:** são provenientes do plano mestre e sua atualização é realizada com informações do gerenciamento operacional;
- b) **preparar plano de médio prazo:** pode ser representado graficamente por um diagrama de Gantt ou através de um desdobramento do diagrama de precedências de atividades. A cada atualização são avaliados ajustes no layout necessários para a evolução da obra. É a partir do plano de médio prazo que são programados os recursos denominados de Classe 2 que caracterizam-se por um ciclo inferior a 30 dias e por uma média repetição de ciclo de aquisição.
- c) **difundir o plano:** os planos são difundidos em um formato adequado às partes interessadas.

3.4.1.2.4 Planejamento de curto prazo

Segundo Isatto et al. (2000, p. 85):

O planejamento de curto prazo ou operacional tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Em geral é realizado em ciclos semanais, sendo caracterizado pela atribuição de recursos físicos (mão de obra, equipamentos e ferramentas) às atividades programadas no plano de médio prazo, bem como o fracionamento dessas atividades em lotes menores, que são designadas por tarefas. Em obras muito rápidas ou nas quais existe muita incerteza associada ao processo de produção (por exemplo, reformas de hospitais) o ciclo de planejamento pode ser diário.

O planejamento neste nível deve ter forte ênfase no engajamento das equipes com as metas estabelecidas, sendo por isto denominada na bibliografia de *commitment planning* (planejamento de comprometimento). Tal engajamento pode ser obtido através da realização de reuniões semanais, as quais ocorrem na própria obra, contando, em geral, com a participação do gerente da obra, mestre de obras, subempreiteiros e líderes de equipes. estas reuniões fecham o ciclo de planejamento e controle através da avaliação das equipes de produção quanto ao cumprimento de metas no período anterior e do planejamento no período seguinte.

Isatto et al. (2000, p.87) apontam as principais atividades envolvidas nesta etapa:

- a) **coletar informações:** são provenientes do planejamento de médio prazo e do planejamento de curto prazo do ciclo anterior. Informações sobre o fluxo de

materiais na obra também são importantes para identificação de sua relação com problemas de ciclos anteriores;

- b) **preparar plano de curto prazo:** deve ser realizado em conjunto pela equipe de produção. É a partir do plano de curto prazo que são programados os recursos denominados de Classe 3 que caracterizam-se por ciclos de aquisição relativamente curtos;
- c) **difundir o plano:** o planejamento deve ser difundido para toda a equipe de produção junto com indicadores como o Percentual de planejamento concluído. Este indicador aponta a performance da equipe de produção quanto ao percentual de trabalhos concluídos de acordo com o planejamento semanal.

3.4.2 Técnicas de Programação

Nesta seção serão apresentadas algumas técnicas de programação que podem ser utilizadas nos diferentes níveis de planejamento.

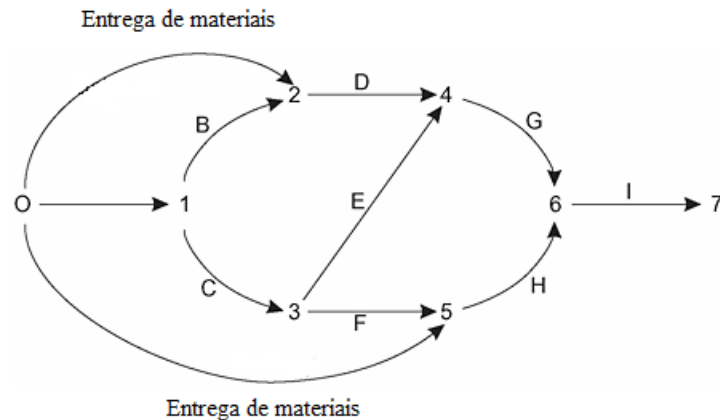
3.4.2.1 Método do caminho crítico

Utilizado mais comumente em níveis mais altos de planejamento, o *Project Management Institute* (2013, p. 176) define o método do caminho crítico como:

[...] um método usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo do cronograma. Esta técnica de análise rede do cronograma calcula as datas de início e término mais cedo e início e término mais tarde, para todas as atividades, sem considerar quaisquer limitações de recursos [...]

Kelley e Walker (1959) afirmam que uma característica de todos os projetos é que todas as etapas, resultantes da conclusão de algum trabalho, devem ter alguma ordem bem definida e essas relações de ordem podem ser ilustradas graficamente. Cada trabalho do projeto pode ser representado por uma seta que retrata a existência do mesmo e a direção do fluxo do tempo (da cauda para a ponta da seta). É assumido que cada trabalho deve ser concluído antes que todos os seus sucessores (KELLEY; WALKER, 1959). A figura 2 mostra a forma gráfica de um projeto qualquer que poderia ser a representação de um projeto, P, com $n+1$ etapas, com a origem representada por O e o término por n. Se uma seta conecta uma etapa i com uma etapa j, então este trabalho é chamado de trabalho (i, j) (KELLEY; WALKER, 1959).

Figura 2 – Exemplo de diagrama de projeto



(fonte: KELLEY; WALKER, 1959)

Kelley e Walker (1959) demonstra o desenvolvimento matemático da situação exposta anteriormente representando a data mais cedo para uma etapa i por $t_i^{(0)}$ e a duração do seu trabalho por y_{ij} . Então os valores de $t_i^{(0)}$ podem ser computados pela expressão 1.

$$\begin{cases} t_0^{(0)} = 0 \\ t_j^{(0)} = \max[y_{ij} + t_i^{(0)} | i < j, (i, j) \in P], 1 \leq j \leq n \end{cases} \quad (\text{expressão 1})$$

Sendo:

$t_0^{(0)}$ = início do projeto;

$t_j^{(0)}$ = data mais cedo de início de uma etapa j ;

y_{ij} = duração do trabalho;

P = projeto.

Similarmente, Kelley e Walker (1959) estabelecem que a data mais tarde para que cada etapa do projeto possa ocorrer não ocorra até um limite fixado, ou seja, o fim do projeto. Se λ é a data de conclusão do projeto ($\lambda \geq t_n^{(0)}$), a data de fim de uma etapa pode ser obtida pela expressão 2.

$$\begin{cases} t_n^{(1)} = \lambda \\ t_i^{(1)} = \min[t_j^{(1)} - y_{ij} | i < j, (i, j) \in P], 0 \leq i \leq n - 1 \end{cases} \quad (2)$$

Sendo:

λ = data de conclusão do projeto;

$t_n^{(1)}$ = data de término da última etapa;

$t_i^{(1)}$ = data de término de uma etapa i ;

$t_j^{(1)}$ = data de término de uma etapa j

y_{ij} = duração do trabalho;

P = projeto.

Kelley e Walker (1959) afirmam que sendo conhecidas as datas mais cedo e mais tarde das etapas outros parâmetros podem ser calculados para cada trabalho (i,j):

- a) data mais cedo para começo = $t_i^{(0)}$
- b) data mais cedo para conclusão = $t_i^{(0)} + y_{ij}$
- c) data mais tarde para começo = $t_j^{(1)} - y_{ij}$
- d) data mais tarde para conclusão = $t_j^{(1)}$
- e) tempo máximo disponível = $t_j^{(1)} - t_i^{(0)}$

Kelley e Walker (1959) declara que se o tempo máximo disponível para um trabalho é igual a sua duração, o mesmo é classificado como crítico. O atraso em um trabalho crítico causará um atraso de mesma magnitude na data de conclusão do projeto. Um projeto terá trabalhos críticos apenas quando $\lambda = t_n^{(0)}$. Se um projeto contém trabalhos críticos, então ele também contém pelo menos uma corrente crítica em um caminho contínuo entre a origem e o término. Este caminho é chamado de caminho crítico. Se um o tempo máximo disponível para um trabalho excede a sua duração, o trabalho é chamado de flutuante. Alguns trabalhos flutuantes podem ser deslocados no tempo, ou seja, atrasados ou adiantados até uma certa extensão sem interferir com outros trabalhos ou com a data de conclusão do projeto. Outros, se deslocadas, desencadearão uma corrente de deslocamento a jusante no projeto. Seguem alguns parâmetros de atividades flutuantes:

- a) tempo total de flutuação = $t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$
- b) tempo de flutuação livre = $t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$
- c) tempo de flutuação independente = $\max(0, t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - y_{ij})$
- d) tempo interferente de flutuação = $t_j^{(1)} - t_j^{(0)}$

Por último, o método dos caminhos críticos pode ser dividido em dois casos. O determinístico, no qual y_{ij} é constante e o não determinístico, no qual y_{ij} é uma variável aleatória com uma probabilidade de densidade $G_{ij}(y)$, assim fornecendo uma distribuição de probabilidade para as datas de começo e conclusão (KELLEY; WALKER, 1959).

3.4.2.2 Planejamento baseado em zoneamento

Kenley e Seppanen (2009, p. 69) afirmam que:

Métodos de planejamento baseados em zoneamento utilizam a localização como um componente intrínseco do processo de planejamento. Estes métodos se concentram na relação entre a localização do trabalho e a unidade de trabalho a ser executada. Se cada pacote de trabalho é considerado parte dependente de um local, então o progresso entre esses locais pode ser planejado para todo um pacote de trabalho.

Segundo Kenley e Seppanen (2009), o planejamento baseado em zoneamento é ideal para projetos que envolvam:

- a) múltiplos locais ou zonas de trabalho;
- b) montagem contínua de componentes em loco;
- c) trabalhos que se repitam por diferentes locais e variem em quantidade e contexto;
- d) caminhos igualmente paralelos e sequenciais;
- e) gerenciamento de recursos de modo a garantir um fluxo suave e contínuo no uso de recursos.

De acordo com Kenley e Seppanen (2009), o gerenciamento por locais assume que há vantagens na quebra de projetos em locais ou setores menores e no uso destes para o planejamento, análise e controle dos trabalhos que fluem entre estes locais. Os mesmos autores afirmam que a localização fornece um recipiente para informações de projeto em uma escala que é facilmente monitorada.

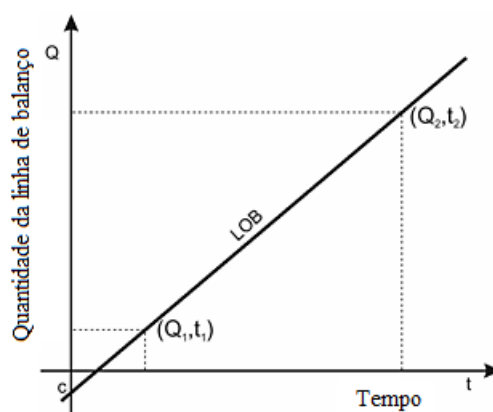
Segundo Kenley e Seppanen (2009) a incorporação do método do caminho crítico aos métodos da linha de balanço e da linha de fluxo, métodos utilizados no planejamento baseado em

zoneamento, tem se demonstrado uma metodologia muito eficiente para o planejamento e controle de projetos de construção.

3.4.2.3 Método da linha de balanço

De modo geral, o método da linha de balanço é uma técnica de planejamento e controle da produção com grande aplicabilidade na construção civil. Originalmente, ela foi desenvolvida para lidar com construção repetitiva, onde uma sub-rede do método do caminho crítico poderia ser modelada como um todo e a taxa efetiva de produção de um sub-componente é indicada como uma linha de balanço das unidades que se repetem. Uma sub-rede é modelada por uma linha simples e a sua repetição é representada por uma linha contínua pelas várias unidades de produção (KENLEY; SEPPANEN, 2009).

Figura 3 – Relação linear básica da linha de balanço



(fonte: LUMSDEN², 1968 apud KENLEY; SEPPANEN, 2009)

O método da linha de balanço considera uma relação linear entre as quantidades de unidades entregues e a taxa de produção. Essa relação, ilustrada pela figura 3 e é dada pela equação 1.

$$Q = mt + C \quad (\text{equação 1})$$

²LUMSDEN, P. **The line of balance method**. London: Pergamon Press, 1968.

Sendo:

t - tempo

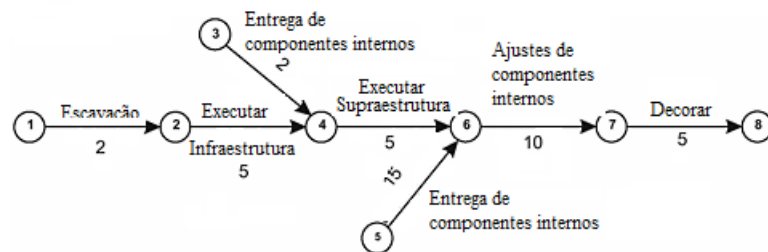
Q - Quantidade de unidades entregue no tempo t

m - taxa de produtividade

C - Unidades já prontas antes de começo de trabalhos

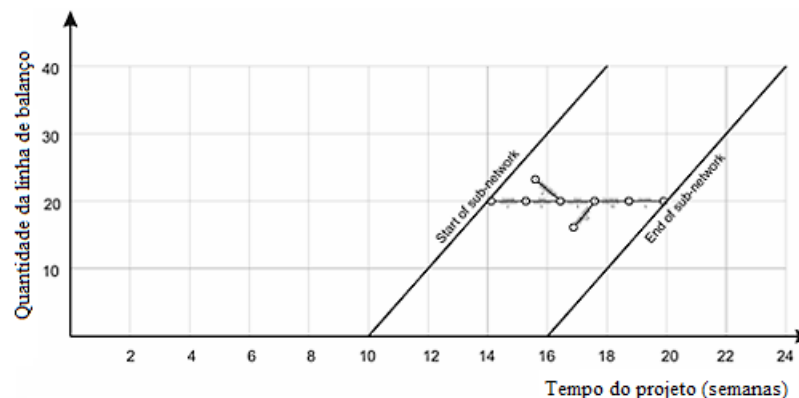
Na construção civil, a unidade de produção podem ser casas, cômodos, pavimentos entre outros. Geralmente, nestas unidades de produção, é realizada uma série de atividades. De acordo com Lumsden⁴ (1968 apud KENLEY; SEPPANEN) a linha de balanço pode utilizar uma representação do caminho crítico dos trabalhos a serem repetidos para cada unidade de produção. Por exemplo, a figura 4 detalha uma rede repetitiva com uma duração mínima de 30 dias, com a sua consequente rede de linha de balanço ilustrada na figura 5.

Figura 4 – Exemplo de rede de caminho crítico



(fonte: LUMSDEN³, 1968 apud KENLEY; SEPPANEN, 2009)

Figura 5 – Limites da linha de balanço para uma sub-rede

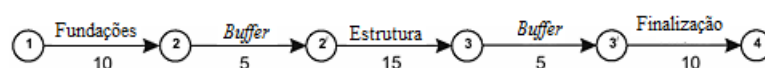


(fonte: LUMSDEN⁴, 1968 apud KENLEY; SEPPANEN, 2009)

³LUMSDEN, P. **The line of balance method**. London: Pergamon Press, 1968.

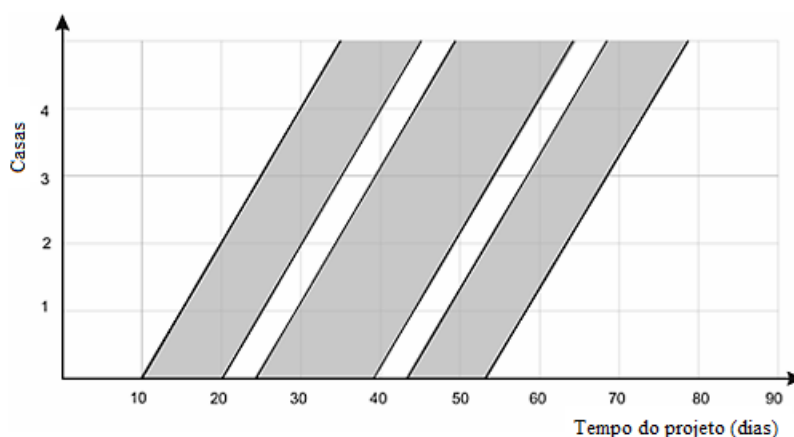
Segundo Lumsden⁵ (1968 apud KENLEY; SEPPANEN) para o gerenciamento de risco quanto à variação de taxas de produtividade devido a condições climáticas adversas e falta de material e mão de obra, é necessário a adição de uma margem de erro suficiente para absorver possíveis atrasos. Essa margem de erro é introduzida ao método da linha de balanço como *buffers* ou amortecedores. A figura 6 traz um exemplo da adição de *buffers* de 5 dias entre uma série de trabalhos enquanto a figura 7 ilustra a consequente linha de balanço com espaçamentos relativos aos *buffers*.

Figura 6 – Exemplo de sub-rede da linha de balanço



(fonte: LUMSDEN⁵, 1968 apud KENLEY; SEPPANEN, 2009)

Figura 7 – Representação de *buffers* entre tarefas



(fonte: LUMSDEN⁴, 1968 apud KENLEY; SEPPANEN, 2009)

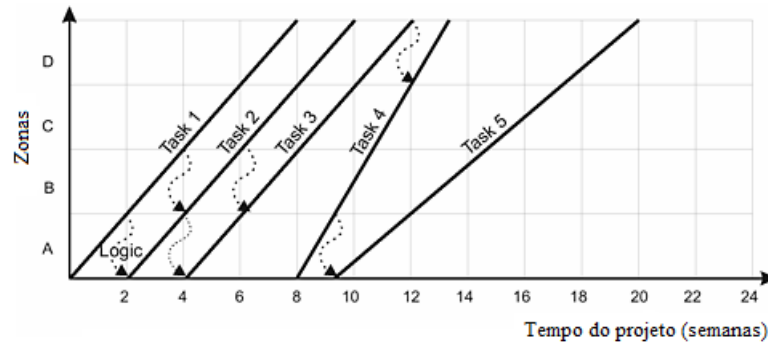
3.4.2.4 Método da linha de fluxo

Kenley e Seppanen (2009) afirmam que existe outro modo muito similar ao método da linha de balanço para representar o fluxo de trabalho pelos locais. Esse método é chamado de método da linha de fluxo. Kenley e Seppanen (2009) apontam que sua principal diferença, comparado ao método da linha de balanço, está na representação gráfica dos trabalhos. O método da linha de fluxo representa uma atividade ou trabalho com apenas uma linha e não duas como no

⁴LUMSDEN, P. **The line of balance method**. London: Pergamon Press, 1968.

método da linha de balanço apresentado. Outra diferença está no eixo vertical que representa um local ou zona e não unidades de produção idênticas. A figura 8 ilustra as atividades 1 a 5 passando pelos locais A, B, C e D. (KENLEY; SEPPANEN, 2009)

Figura 8 – Linhas de fluxo para tarefas 1 a 5



(fonte: KENLEY; SEPPANEN, 2009, p. 87, tradução nossa)

3.5 WORKFACE PLANNING

Segundo Goeff (2009), o objetivo básico do processo *Workface Planning* é reduzir o tempo de construção melhorando a coordenação de informação, ferramentas e materiais nas frentes de trabalho. Isto é realizado através do desenvolvimento de planos detalhados baseados na realidade e na experiência de quem planeja para que os mesmos sejam viáveis.

Para canteiros de obras com 1000 trabalhadores, Goeff (2009, p. 699, tradução nossa) afirma que a demanda por capital pode atingir a soma de um milhão e meio de dólares por dia independentemente do cumprimento dos objetivos. O mesmo autor afirma que as restrições não resolvidas decorrentes do gerenciamento ineficiente de informações e de aquisições contribuem para baixa performance na construção. De acordo com Goeff (2009), a proporção ideal de planejadores para trabalhadores é de um para cinquenta para utilização deste processo.

Goeff (2009) afirma que o produto primário do método é o documento *Field Installation Work Packages*. Este documento contém um plano detalhado a ser executado em um ciclo, de uma única disciplina em 500 ou 1000 horas de trabalho baseado em dez trabalhadores trabalhando em turno de 10 horas em um tempo de ciclo de 5 ou 10 dias. O FIWP é composto por:

- a) **capa**: imagem 3D do escopo, definição em uma linha e número de identificação;
- b) **sumário**: relação de conteúdo para fácil rastreamento de informação desejada;
- c) **relação de restrições**: lista com status de restrições;
- d) **escopo detalhado do trabalho**: sua profundidade pode variar de acordo com a experiência dos executores;
- e) **plano de segurança**: pode incluir documentos relacionado a parâmetros legais de segurança de trabalho;
- f) **plano de qualidade**: pode incluir planilhas de controle de qualidade ajustadas ao escopo do trabalho;
- g) **coordenação de trabalhos**: acusa as peculiaridades de interação com outras atividades que possam estar ocorrendo simultaneamente;
- h) **confirmação de suprimentos**: inclui uma lista completa de todos os componentes necessários, a confirmação do responsável pelos suprimentos de que o material está disponível, uma cópia da requisição do material com data de entrega e contato do responsável pelo transporte do material;
- i) **confirmação de instalação de andaimes**: inclui requisição de andaimes e confirmação do responsável que o os mesmos foram instalados;

- j) **confirmação de equipamento de suporte:** semelhante ao item anterior para outros equipamentos como plataformas elevatórias e guindastes por exemplo;

De acordo com Goeff (2009, p. 661, tradução nossa), a proporção ideal de planejadores para trabalhadores é de um para cinquenta para utilização deste processo. O acréscimo de um planejador para cada 50 trabalhadores no canteiro pode crescer por volta de 2% o custo total da construção com o objetivo de redução nos custos diretos.

Goeff (2009) afirma que com base em uma produtividade de 40% no tempo de um trabalhador em trabalho direto, é garantido que se pode recuperar o custo total do processo de *Workface Planning* melhorando a produtividade em apenas 1% (6 minutos / dia em um dia de 10 horas de trabalho). O mesmo autor calcula uma economia de 2,25% no custo total de um projeto se a produção for melhorada em mais 1% (levando em conta a produtividade de 40%).

3.6 PROPOSIÇÃO DE ADAPTAÇÃO DO PROCESSO

Esta seção se destina a sugestão inicial da adaptação do processo *WorkFace Planing* para aplicação por equipe de produção de construção responsável pelos planos de curto prazo. Semelhante ao processo citado, o proposto terá como produto um documento para cada pacote de trabalho com o seu respectivo plano detalhado. Como período de ciclo, será adotado 10 dias sendo 4 não úteis com início nas segundas-feiras. Este documento será chamado de plano de pacote de trabalho.

Semelhante ao processo *Workface Planing*, o processo proposto será composto por etapas distintas denominadas de entregas parciais. A primeira entrega parcial, denominada de 0, é comum a todos os planos para definição das unidades de produção a serem controladas. A entrega parcial 1 traz a apresentação do trabalho com a definição de encarregado pela execução e seus dados para contato, escopo total do trabalho além dos locais nos quais devem ocorrer o trabalho de acordo com o zoneamento estabelecido. A entrega parcial 2 traz uma relação da confirmação de resolução de restrições divididas em diferentes classes que serão apresentadas. A entrega parcial 3 conclui o processo de planejamento. Nesta etapa será dimensionada a equipe de acordo com dados de produtividade atentando para atendimento de custo e prazo previstos.

3.6.1 Entrega parcial 0: Zoneamento

Como forma de tornar os pacotes de trabalhos facilmente controláveis é importante que cada um deles esteja vinculado a uma unidade discreta de produção ou local. A forma de zoneamento a ser adotada será baseada na NBR 12721 e por Kenley e Seppanen (2009). Segundo os mesmos autores, para definição da hierarquia entre zonas devem ser seguidas as seguintes orientações:

- a) A hierarquia de zona de nível mais alto deve consistir de locais que possam ter suas estruturas construídas de forma independente de outras seções de mesmo nível. (por exemplo, edifícios individuais ou componentes estruturas independentes que compõem uma estrutura maior);
- b) Níveis intermediários devem ser definidos de modo que o fluxo possa ser planejado através das zonas de nível intermediário (por exemplo, pavimentos de um projeto de construção residencial, onde um pavimento é geralmente concluído antes de outro em sequência);
- c) Zonas de níveis mais baixo geralmente devem ser pequenas de modo que estes locais possam ser monitorados com precisão (locais cujos os responsáveis possam avaliar a conclusão de trabalhos)

O produto desta etapa é uma lista com a relação da descrição da área ou nome da área, o seu nível hierárquico e o seu código estruturado o quais deverão ser usados no documento de plano de pacote de trabalho.

3.6.2 Entrega parcial 1: Apresentação e detalhamento do escopo do trabalho

Esta parte inicial do documento de plano de pacote de trabalho será composto por folha inicial com nome do pacote de trabalho, locais de trabalho (segundo zoneamento da etapa anterior), conta controle relativa a EAP na qual será apropriado o custo e, caso seja serviço terceirizado, nome e informações do responsável pela produção da empresa contratada. Também deve trazer descrição do escopo que pode incluir informações de norma técnica brasileira específica do trabalho a ser realizado ou de manual de execução caso a construtora adote algum. É importante a definição da unidade a ser medida (m² ou unidades executadas, por exemplo) bem como o quantitativo total a ser executado.

3.6.3 Entrega parcial 2: Relação de restrições

Coletadas as informações do plano de médio prazo com abrangência mensal são estabelecidas as entregas parciais ou serviços para atendimento do mesmo. Esta parte do plano de pacote de trabalho inclui o estabelecimento de restrições que devem ser sanadas com gestão ativa para a liberação do trabalho antes de seu início programado. Esta etapa é iniciada com a antecipação de um ciclo, no caso, 10 dias antes do início do pacote de serviço.

Segue lista das restrições por tipo seguidos pelos responsáveis a quem deve ser encaminhada ou comunicada a restrição para remoção, levando em conta organização de construtoras de grande porte:

- a) **confirmação quanto a trabalhos que são pré-requisitos:** relação de trabalhos que tem que ser concluídos imediatamente antes deste ser executado;
Responsável : Engenheiro da produção
- b) **confirmação quanto a material:** relação dos materiais necessários, bem como situação de contratação e informações de fornecedores. Indicar se material já está disponível ou data prevista para entrega;
Responsável: setor de suprimentos e almoxarifado da obra
- b) **confirmação quanto a construção enxuta:** podem ser consideradas como restrições o desenvolvimento de cartões kanban para a atividade bem como a determinação de micro layout de canteiro;
Responsável: setor de qualidade ou engenheiro gerente de produção
- c) **confirmação quanto a equipamentos:** devem ser identificados e encomendados os equipamentos específicos para suporte de execução do pacote de trabalho. Por exemplo, guindastes, andaimes e guinchos;
Responsável: setor de suprimentos e almoxarifado da obra
- d) **confirmação quanto a ferramentas:** devem ser identificadas as ferramentas necessárias e deve-se obter confirmação que as mesmas estão disponíveis durante a duração do trabalho para uso dos executores;
Responsável: setor de suprimentos e almoxarifado da obra
- e) **confirmação quanto a treinamento:** equipe qualificada deve estar disponível quando requisitada com os treinamentos necessários;
Responsável : Engenheiro gerente de produção
- f) **confirmação quanto a segurança:** devem ser identificadas as restrições de acordo com a normas brasileiras de segurança para adequação dos trabalhos;
Responsável: Técnico de segurança
- g) **confirmação de permissões/clima/interferência:** devem ser identificadas outras restrições devido a falta de permissões legais ou embargos, condições climáticas

adversas e de interferência com outras atividades que ocorram simultaneamente ocasionando conflito.

Responsável: Engenheiro gerente da produção

Para facilitar a gestão dos diversos planos de pacote de trabalho, as restrições devem ser filtradas de acordo com suas categorias para serem encaminhadas aos responsáveis todas as necessidades de um ciclo.

3.6.4 Entrega parcial 3: Dimensionamento de equipe de acordo com custo e prazos previstos

Esta última entrega parcial conclui o plano de pacote de trabalho. Ela tem o objetivo de identificar a mão-de-obra ou equipe necessária para executar o trabalho dentro do prazo programado e do custo orçado.

Para a estimativa de equipe necessária, será utilizada a base de dados de produtividade das tabelas de composições de preços para orçamentos, TCPO. Delas foram filtrados todos os consumos unitários que envolvessem trabalhadores e equipamento pela unidade hora por unidade de serviço. As informações foram formatadas no Microsoft Excel para que possam ser manuseadas de forma mais ágil. Para o dimensionamento é dividido a quantidade total de unidades a serem produzidas pelo tempo de ciclo, sendo de 40h para cinco dias de oito horas de trabalho e 80h para dez dias de oito horas de trabalho e multiplicado pela produtividade de horas homem.

Feito o dimensionamento, é necessário a apropriação do serviço em sua conta controle para análise de cumprimento do orçamento.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo destina-se para o delineamento do método de pesquisa.

4.1 DELINEAMENTO

A primeira etapa realizada foia pesquisa bibliográfica apresentada nos capítulos anteriores. A segunda etapa foi a proposição de uma adaptação do processo de planejamento *Workface planning* com base no conhecimento obtido na primeira etapa. Assim foram definidas as entregas parciais 0, 1, 2 e 3 para o plano de pacote de trabalho.

Como forma de testar o processo proposto quanto as suas demandas será realizado um estudo de caso do planejamento de uma construção em dois casos a fim de identificar melhorias. Será feita uma análise dos resultados para sua avaliação e ao final será feita a conclusão quanto aos objetivos propostos. Segue figura 9 com o delineamento do trabalho.

Figura 9 – Delineamento



(fonte: próprio autor)

4.2 FONTES DE EVIDÊNCIA

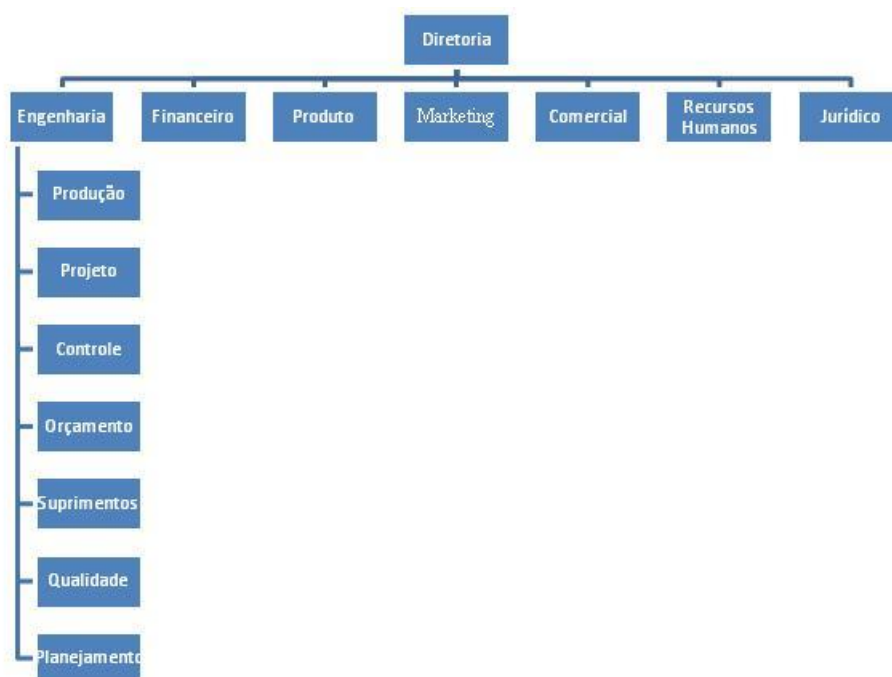
As principais fontes de evidência desta pesquisa são provenientes de banco de dados de informações históricas de planejamento de uma obra de construção civil e as percepções do usuário do processo de planejamento proposto.

4.3 EMPRESA E OBRA DO ESTUDO DE CASO

A escolha da obra onde o método será testado devido ao fato do autor ser colaborador durante este estudo. A empresa atua na indústria da construção civil há três décadas atendendo ao mercado de imóveis de alto padrão optando pela alta qualidade de materiais empregados e de sistemas construtivos. A empresa atua nos estágios de desenvolvimento de produto, incorporação, planejamento e execução do empreendimento. O modelo de terceirização de contratação de desenvolvimento de projetos arquitetônicos e executivos, de projetos e de execução de disciplinas específicas como hidráulica, elétrica e climatização é amplamente utilizado. Vale ressaltar que o gerenciamento da produção é realizado pela própria empresa. A empresa opta por firmar contratos por preço global ou tarifa unitária.

A empresa opera com a estrutura organizacional da figura 10 que mostra com mais detalhes o setor de engenharia:

Figura 10 – Estrutura organizacional da empresa estudada



(fonte: próprio autor)

O empreendimento objeto deste estudo é um produto classificado como de multiuso já que oferece unidades residenciais em uma torre de dezenove pavimentos, duas torres de dezenove e de dezoito pavimentos para salas comerciais e espaços para lojas em centro comercial junto ao pavimento térreo das três torres. Atendendo a todo empreendimento existem três subsolos destinados para estacionamento e áreas técnicas.

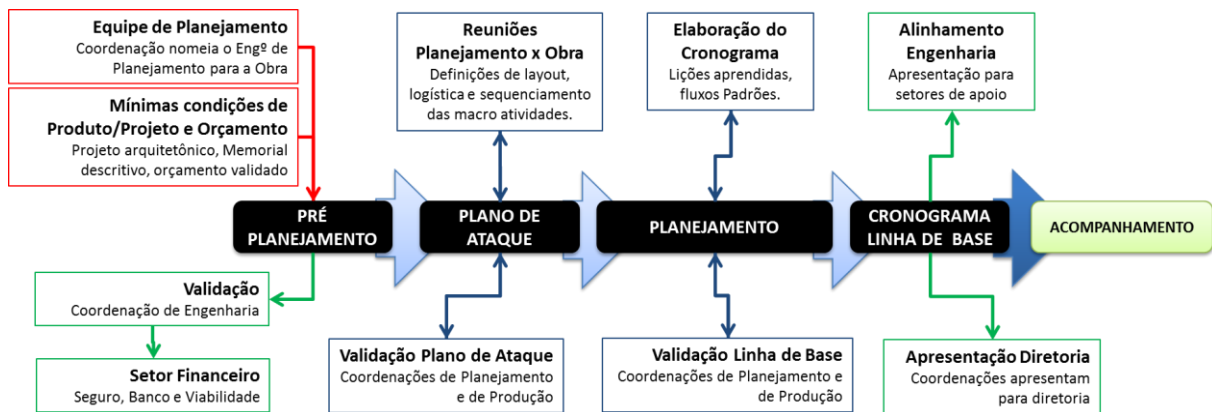
Todos os componentes deste empreendimento contribuem para alta complexidade da execução dos 79.503,13m² de área construída do mesmo. Sua estrutura em concreto armado moldado em loco é dotada de peculiaridades como componentes curvos e lajes nervuradas. A vedação externa de grande parte do empreendimento é composta pelo sistema de "pele-de-vidro" unitizada, sistema com componentes altamente industrializados. O empreendimento também é dotado de um complexo sistema de automação predial envolvendo a integração das instalações elétricas com as de climatização, de prevenção de incêndio e de irrigação.

5. ESTUDO DE CASO

5.1 DIAGNÓSTICO

Este capítulo se destina a traçar um diagnóstico do processo de planejamento adotado pela empresa no empreendimento estudado que é demonstrado na figura 11.

Figura 11 – Processo de planejamento da empresa estudada



(fonte: banco de dados empresa)

O processo de planejamento de um projeto da empresa estudada se inicia com a nomeação de um Engenheiro de planejamento responsável. A etapa de pré-planejamento se inicia com o atendimento de condições mínimas como projeto arquitetônico, memorial descritivo, orçamento validado. O produto desta etapa é o cronograma de longo prazo da obra. Este cronograma estipula os principais vínculos e durações gerando uma previsão de percentuais de execução física de obra que é validado pela coordenação de engenharia e posteriormente fornecido para o setor financeiro para elaboração de cronograma de banco, seguro e viabilidade.

Se este cronograma de longo prazo atende a viabilidade econômica do empreendimento, é definido, em conjunto com a equipe da obra, o plano de ataque para desenvolvimento do layout do canteiro atentando para a logística das macro atividades. Com base nas informações que se acrescentam no decorrer deste procedimento, é possível determinação do cronograma linha de base que expressa o único plano de execução da construção.

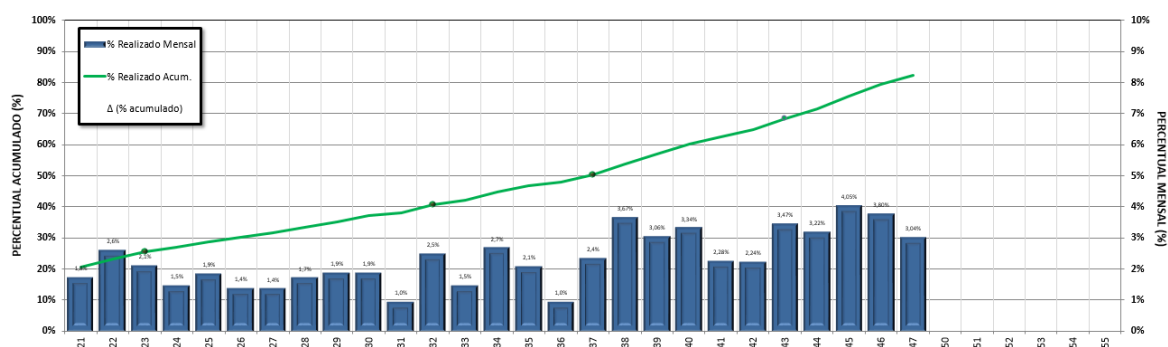
Determinada a linha de base, se inicia a etapa de acompanhamento. A partir do cronograma linha de base são filtradas as atividades com datas metas que devem ocorrer em um intervalo mensal a ser medido semanalmente. Através de uma planilha de acompanhamento de obra (PAO), a equipe de obra ou produção deve informar o início real e o término real das tarefas semanalmente. A mesma planilha atribui pesos às atividades de acordo com sua contribuição no orçamento da obra assim sendo possível o acompanhamento físico-financeiro da obra. Caso a tarefa tenha iniciado, porém não está concluída, informa-se o término estimado. A obra deve classificar a reprogramação de acordo com as seguintes classes:

- a) atraso de entrega de material;
- b) atraso de mão de obra;
- c) atraso na predecessora;
- d) alterações climáticas;
- e) alteração no fluxograma de atividades;
- f) atraso na contratação;
- g) atraso na solicitação da contratação;
- h) atraso na definição do projeto;
- i) atraso nos equipamentos de auxílio.

Assim, semanalmente, é apurado o cumprimento das metas estabelecidas. Quando identificado que as metas do cronograma linha de base, este sendo a foto do plano com datas aprovadas, não são mais atingíveis (desvio entre linha de base e acompanhamento maior que dois meses ou maior que 10%) é necessário o replanejamento. Com o objetivo de entregar a obra dentro do prazo previsto, é feita uma revisão do sequenciamento de execução almejando recuperar metas perdidas.

Durante a realização deste trabalho a curva físico-financeira apontava percentual realizado acumulado de aproximadamente 84%. A média de avanço mensal foi aproximadamente 2%, sendo que os últimos 5 meses ultrapassaram os 3% em função de ser período pico de serviços como mostra o gráfico da figura 12. Com base nos dados do acesso eletrônico da obra, a média de funcionários da obra durante estes 3 meses girou em torno de 360 funcionários. Outro dado relevante é que durante o mês pico a quantidade de atividades planejadas que constavam na planilha de acompanhamento de obra foi de 162 atividades. Estes dados farão parte da análise final dos resultados.

Figura 12 – Curva físico-financeira



(fonte: banco de dados empresa)

Para gerir a aquisição de suprimentos, o setor de planejamento desenvolve um cronograma de contratação de suprimentos. O setor de planejamento informa as datas de início do item da ABC na obra e partir desta data o setor de suprimentos considera prazos de negociação e de contratação gerando datas metas para envio de quantitativo da obra e da contratação de fato.

O planejamento das atividades metas que devem acontecer nas semanas estipuladas pela planilha de acompanhamento de obra é de responsabilidade dos engenheiros que gerenciam a produção. Cabe a eles determinar quais os responsáveis pela execução, dimensionar equipes, garantir a disponibilidade de recursos e controlar a produção, ou seja, desenvolver o plano semanal. A obra foco deste estudo era gerenciada por um engenheiro líder, duas engenheiras responsáveis pelas torres comerciais, um engenheiro responsável pela torre residencial e um engenheiro responsável pela implantação.

5.2 DESCRIÇÃO DAS APLICAÇÕES DO PROCESSO

O primeiro passo foi o zoneamento do empreendimento estudado. Foi obedecida a hierarquia estipulada anteriormente e o produto foi a quadro 2.

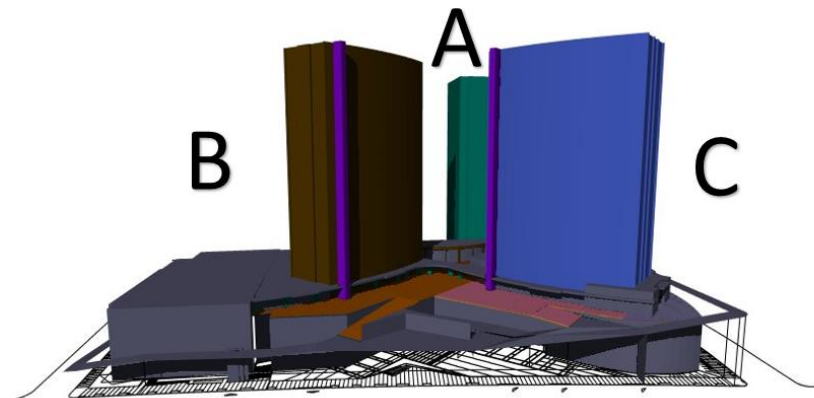
Quadro 2 – Zoneamento do empreendimento estudado

Nível	Nome	Cód. Estruturado	Nível	Nome	Cód. Estruturado
1	3º Subsolo	SS3	4	Apartamento 1	A171
2	Setor A	SS3A	4	Apartamento 2	A172
2	Setor B	SS3B	4	Apartamento 3	A173
2	Setor C	SS3C	4	Apartamento 4	A174
2	Setor D	SS3D	4	Apartamento 5	A175
1	2º Subsolo	SS2E	4	Apartamento 6	A176
2	Setor A	SS2A	4	Apartamento 7	A177
2	Setor B	SS2B	4	Apartamento 8	A178
2	Setor C	SS2C	4	Apartamento 9	A179
2	Setor D	SS2D	4	Apartamento 10	A1710
2	Setor E	SS2E	4	Apartamento 11	A1711
1	3º Subsolo	SS1	4	Apartamento 12	A1712
2	Setor A	SS1A	4	Apartamento 13	A1713
2	Setor B	SS1B	4	Apartamento 14	A1714
2	Setor C	SS1C	3	PAVIMENTO 18	A18
2	Setor D	SS1D	4	Salão de festas	A18SF
2	Setor E	SS1E	4	Piscina	A18P
1	Térreo	T	4	Circulação	A18C
2	Setor A	TSA	2	TORRE B	B
2	Setor B	TSB	3	PAVIMENTO 1	B1
2	Setor C	TSC	4	Circulação	B1C
2	Loja 101	TL101	4	Sala 1	B11
2	Loja 102	TL102	4	Sala 2	B12
2	Loja 103	TL103	4	Sala 3	B13
2	Loja 104	TL104	4	Sala 4	B14
2	Loja 105	TL105	4	Sala 5	B15
2	Loja 106	TL106	4	Sala 6	B16
2	Loja 107	TL107		...	
2	Loja 108	TL108	3	PAVIMENTO 18	B17
2	Loja 109	TL109	4	Circulação	B17C
2	Loja 110	TL110	4	Sala 1	B171
2	Loja 111	TL111	4	Sala 2	B172
2	Loja 112	TL112	4	Sala 3	B173
2	Loja 113	TL113	4	Sala 4	B174
2	Loja 114	TL114	4	Sala 5	B175
2	Loja 115	TL115	4	Sala 6	B176
2	Loja 116	TL116	3	COBERTURA	BC
2	Loja 117	TL117	4	Sala de Reservatório	BCR
2	Loja 118	TL118	2	TORRE C	C
2	Loja 119	TL119	3	PAVIMENTO 1	C1
2	Loja 120	TL120	4	Circulação	C1C
2	Loja 121	TL121	4	Sala 1	C11
2	Loja 122	TL122	4	Sala 2	C12
2	Loja 123	TL123	4	Sala 3	C13
2	Loja 124	TL124	4	Sala 4	C14
2	Loja 125	TL125	4	Sala 5	C15
2	Loja 126	TL126	4	Sala 6	C16
2	Loja 127	TL127	4	Sala 7	C17
2	Loja 128	TL128	4	Sala 8	C18
2	Loja 129	TL129	4	Sala 9	C19
2	Loja 130	TL130	4	Sala 10	C20
2	Loja 131	TL131	4	Sala 11	C21
2	Loja 132	TL132	4	Sala 12	C22
2	Loja 133	TL133	4	Sala 13	C23
2	Loja 134	TL134	4	Sala 14	C24
2	TORRE A	A		...	
3	PAVIMENTO 1	A1	3	PAVIMENTO 18	B18
4	Circulação	A1C	4	Circulação	C18C
4	Apartamento 1	A11	4	Sala 1	C181
4	Apartamento 2	A12	4	Sala 2	C182
4	Apartamento 3	A13	4	Sala 3	C183
4	Apartamento 4	A14	4	Sala 4	C184
4	Apartamento 5	A15	4	Sala 5	C185
4	Apartamento 6	A16	4	Sala 6	C186
4	Apartamento 7	A17	4	Sala 7	C187
4	Apartamento 8	A18	4	Sala 8	C188
4	Apartamento 9	A19	4	Sala 9	C189
4	Apartamento 10	A110	4	Sala 10	C1810
4	Apartamento 11	A111	4	Sala 11	C1811
4	Apartamento 12	A112	4	Sala 12	C1812
4	Apartamento 13	A113	4	Sala 13	C1813
4	Apartamento 14	A114	4	Sala 14	C1814
	...		3	COBERTURA	BC
3	PAVIMENTO 17	A17	4	Sala de Reservatório	BCR
4	Circulação	A17C			

(fonte: próprio autor)

A figura 13 ilustra o zoneamento determinado para as torres.

Figura 13 – Zoneamento das torres



(fonte: próprio autor)

5.2.1 Caso 1: Aplicação de processo de planejamento

Levando em conta o estágio da obra no período que o trabalho foi realizado, uma das atividades escolhidas para aplicação do processo de planejamento de pacote de trabalho foi a instalação das luminárias (inclusive de emergência alimentadas por baterias para acionamento em falta de energia elétrica) das áreas de circulação de uma das torres.

O início do plano de pacote de trabalho começou pela análise dos documentos disponíveis como projetos e memoriais. Para certificação de integração de projetos, foi realizado um breve estudo de compatibilização entre projetos elétrico, luminotécnico e de prevenção de incêndio (PPCI). Esta breve análise de compatibilização de projetos não foi inicialmente prevista no processo de planejamento do pacote de trabalho mas se mostra essencial para que o produto final atenda as especificações necessárias. Neste caso, atender às especificações estabelecidas pelos projetos aprovados é requisito para obter a carta de habitação.

Com o cruzamento do projeto elétrico com PPCI não foram identificadas incompatibilidades. Todas as luminárias de emergência estavam previstas no projeto elétrico. Porém, foi identificado um caso (que se repete em todos os tipos) onde o projeto luminotécnico não contemplava todas as luminárias de emergência previstas no PPCI. Este caso ocorreu nas salas técnicas de relógios medidores de energia elétrica. Esta inconformidade gerou adição no levantamento inicial de luminárias previsto pelo memorial luminotécnico. Este memorial foi

utilizado para a compra de todas as luminárias gerando um problema de suprimentos que será explorado mais adiante.

Feito o estudo dos projetos, o escopo total do trabalho a ser realizado foi identificado como a instalação de 21 luminárias por pavimento tipo. Sendo 17 tipos, o total de luminárias a serem instaladas foram 357 unidades. A empresa terceirizada encarregada da execução das instalações elétricas foi contratada pelo modo de empreitada global. Sendo assim, a empresa deve atender ao plano estipulado no nível de serviço necessário.

A entrega 1 do processo é a apresentação do escopo do trabalho apresentado na figura 14. Esta parte é composta por folha inicial com nome do pacote de trabalho, locais de trabalho no caso circulações dos tipos identificadas por AC e número do andar. Foi preenchida a descrição do escopo incluindo a quantidade total de unidades de luminárias a serem instaladas. Como normas a serem atendidas foi identificada a NR-18 Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. A empresa não conta com manual próprio de procedimentos executivos.

Figura 14 – Entrega parcial 1 do plano de pacote de trabalho do caso 1

Início:	Fim:
Código de pacote de trabalho:	
S01-EL01	
Executor:	
Nome:	Empreiteira Elétrica
E-mail:	empreiteiraeletrica@empreiteiraeletrica.com.br
Telefone:	xxxxxxx
Frequência do rádio: 04	
Zonas:	
1	Circulações AC1 até AC17
2	
3	
Escopo:	Instalação de luminárias LED Quantidade a executar: 357 Unid.
Furação de gesso e instalação de luminária led (ligação de fiação)	
NBR/localização de Manual de Execução:	
NR18	

(fonte: própria autor)

A próxima etapa foi a identificação das restrições que compõem a entrega 2. As primeiras restrições a serem identificadas são referentes a não conclusão de trabalhos pré-requisitos. A fim de evitar a danificação e desaparecimentos de luminárias (material de alto valor agregado) a sua instalação é apenas liberada com a conclusão de praticamente todos os serviços da área.

É necessária a conclusão de todos os trabalhos civis de revestimento de paredes e piso, conclusão das instalações elétricas de infra-estrutura ou tubulações e cabeamento além da conclusão do forro de gesso. Estas atividades estavam concluídas portanto liberando a colocação das luminárias como mostra a figura 15.

Figura 15 – Foto de circulação de andar tipo da torre A



(fonte: próprio autor)




A próxima restrição a ser analisada se refere a suprimentos. A gestão de materiais como luminárias é de responsabilidade da empresa construtora mesmo se tratando de empreiteira elétrica terceirizada. Esta foi a primeira restrição que demandou uma gestão ativa, logo que foi identificado que o pacote de aquisição inicial não contemplava o número total de unidades de luminárias necessárias. Foi necessário novo contato com o fornecedor para cotação e para que fosse gerado um pedido de compra por processo interno da construtora fazendo com que o material só chegasse na obra a partir de sete dias da confirmação do pedido. Isto acarretou em acréscimo de custos não planejados.

A confirmação de que o material se encontrava pronto para instalação foi obtido por contato com o responsável pelos suprimentos no canteiro de obra, o almoxarife. Os canais de comunicação mais utilizados pela equipe da obra são rede de telefonia interna, rádio ou aplicativos de mensagem de celulares. Inclusive, dentro deste aplicativo, foi criado um grupo apenas para requisição de suprimentos. Isto contribui para agilidade na circulação de informação dentro do canteiro. Assim foi obtida a confirmação de chegada de material para início do serviço.

A próxima restrição a ser gerenciada está relacionada a práticas de construção enxuta. Para evitar o desperdício das luminárias (itens de alto valor) foi considerado como restrição para início dos trabalhos o desenvolvimento de um cartão kanban relacionando o kit de luminárias que compunham um pavimento. O sistema Kanban é responsável por transmitir informações de forma organizada e rápida dentro do canteiro de obras podendo conter as quantidades do material com sua unidade, local ao qual deverá ser transportado e utilizado e um desenho para ilustrar o material. (LEITE et al., 2004)

Deste modo, já pôde ser solicitado ao almoxarife que separasse os kits dos pavimentos agilizando a suas entregas quando fossem requisitados. Outra grande vantagem é que, definidos os kits, é reduzida a possibilidade dos executores do serviço requisitarem os materiais em quantidade ou especificação incorretas. A figura 16 mostra o cartão do kit das 22 luminárias dos pavimentos da torre A.

Figura 16 – Cartão kanban de kit de luminárias de andar tipo da torre A

	IMAGENS	AMBIENTE	KIT RESIDENCIAL TIPO T1 2º AO 6º PAVIMENTO		
1		CIRCULAÇÃO; HALL ELEVADORES; ESCADA PRESSURIZADA;	LUMINÁRIA EMBUTIDA DE TETO COM 36 LEDS DE ALTA INTENSIDADE NA COR BRANCO QUENTE (3000K) CORPO EM ABS INJETADO NA COR BRANCA E DIFUSOR EM ACRÍLICO TEXTURIZADO ALIMENTAÇÃO 220V CONSUMO 2,2W GRAU DE PROTEÇÃO IP40 (USO INTERNO)	UTILUZ VEL 04	16pç
2		ESCADA PRESSURIZADA;	LUMINÁRIA DE SOBREPORNA COR BRANCA, COM ACRÍLICO BRANCO LEITOSO, COM P2 FLUOR COMPACTA 20W 2700K 220V	PARISLUX 1202	4pç
3		EMERGÊNCIA	LUMINÁRIA EMBUTIDA DE TETO COM 36 LEDS DE ALTA INTENSIDADE NA COR BRANCO FRIO (5500K) LIGADA EM CENTRAL 24V CORPO EM ABS INJETADO NA COR BRANCA E DIFUSOR EM ACRÍLICO TEXTURIZADO ALIMENTAÇÃO 24V (NÃO NECESSITA DRIVER NEM BATERIA) CONSUMO 2,2W GRAU DE PROTEÇÃO IP40 (USO INTERNO)	UTILUZ VEL 04 - EMERGÊNCIA 24V	2pç

(fonte: próprio autor)

As próximas classes de restrição a serem analisadas são de confirmação de equipamentos de apoio e de segurança. Por se tratar de pé direito simples, o único equipamento necessário para acesso ao forro é um banco com projeto que atende à NR-18. Outras considerações importantes quanto a segurança também estavam de acordo como Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção.(PCMAT) atualizado, instalações sanitárias, de vestiário e refeitório de acordo com número de trabalhadores.

Quanto a restrições de treinamento, pode ser considerado o curso de integração oferecido pelos técnicos de trabalho da obra. Neste curso, são revisadas as principais considerações de normas de segurança do trabalho. Todos os funcionários da empreiteira elétrica estavam regularizados neste quesito. A documentação exigida por parte da construtora à empresa terceirizada também estava de acordo liberando os profissionais para o trabalho.

A última classe de restrições a ser analisada se trata de restrições quanto a permissões, clima ou interferência com outros trabalhos. A obra não estava sob nenhum tipo de embargo portanto todos os trabalhos estavam liberados. Por se tratar de trabalho interno, o clima não interfere no andamento das atividades. E por último, por se tratar de serviço final para entrega dos locais não foi identificada nenhuma interferência com outros trabalhos. O documento que descreve o estudo de restrições consta na figura 17.

Figura 17 – Entrega parcial 2 de plano de pacote de trabalho do caso 1

Código de pacote de trabalho:		
S01-EL01		
Restrições	Status	
Restrições quanto a Trabalhos pré-requisitos:		
1 Instalações elétricas infra e cabeamento	OK	
2 Forro de Gesso	OK	
3 Pintura e serviços civis.	OK	
Restrições quanto a material:		
1 Confirmação de luminárias	OK	
2		
3		
Restrições quanto a construção enxuta:		
1 Desenvolvimento de controle por kits (kanban)	OK	
2 Desenvolvimento de linha de balanço	OK	
3 Fichas de recebimento e qualidade		
Restrições quanto a equipamentos:		
1 Bancos menores de Chen...	OK	
2		
3		
Restrições quanto a treinamentos:		
1 Confirmação de treinamento de equipe	OK	
2 Confirmação de regulamentação de equipe	OK	
3		
Restrições quanto a segurança:		
1 Considerações NR18	OK	
2		
3		
Restrições quanto a permissões/clima/interferência		
1 Pendências de permissões	OK	
2		
3		

(fonte: próprio autor)

Obtidas todas as confirmações quanto às classes de restrições estipuladas foi feito o estudo de mão-de-obra ou equipe necessária. Consultada a TCPO, em busca pelo consumo de horas por homem para este serviço, não foi identificado valores de produção para instalação de luminárias led, apenas valores para luminárias fluorescentes como mostra a figura 18.

Figura 18 – Consumos unitários de instalação de luminária da TCPO

16530.8.1.1 LUMINÁRIA FLUORESCENTE completa para emergência de 15 W – unidade: un

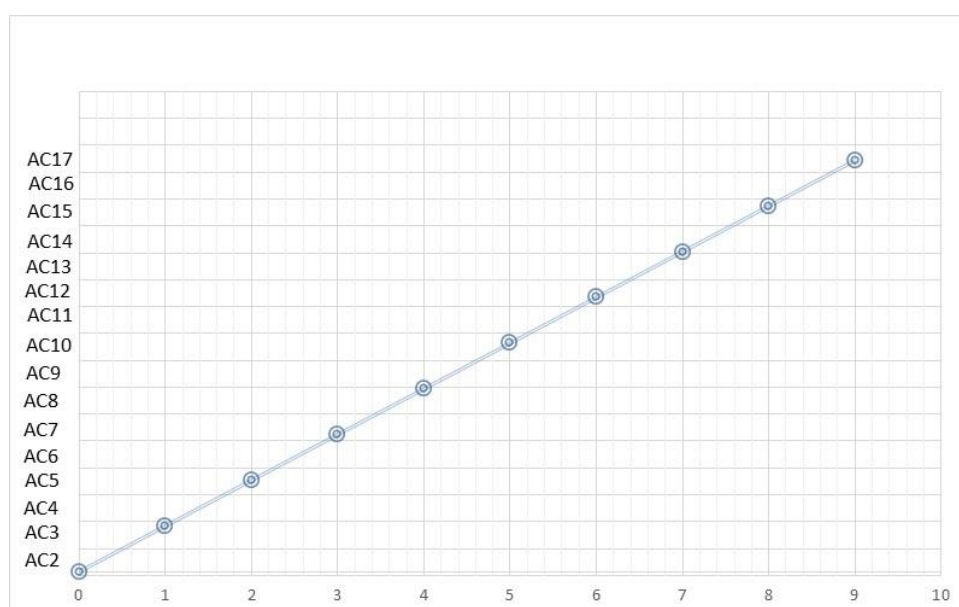
CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS
01270.0.1.13	Ajudante de eletricista	h	1,10
01270.0.22.1	Eletricista	h	1,10
16530.3.1.1	Luminária fluorescente de emergência para duas lâmpadas (potência: 15,00 W / tensão: 120 V/220 V / comprimento: 492,00 mm / largura: 110,00 mm / altura: 112,00 mm)	un	1,00

(fonte: TCPO, 2013)

A partir deste consumo, foi calculada a equipe necessária para realização do serviço com base em dez dias de trabalho (duas semanas descontando sábados e domingos). Levando em conta o consumo de 1,1 horas de ajudante de eletricista e 1,1 horas de eletricista por unidade de luminária, chegou-se ao resultado da necessidade de cinco duplas para realização do serviço.

Considerando o nível de trabalho constante, se desenvolveu a linha de balanço da figura 19. Na qual se observa que se deve executar duas circulações ou dois pavimentos por dia.

Figura 19 – Linha de fluxo do caso 1



(fonte: próprio autor)

O próximo passo foi consultar o encarregado pela produção de instalações elétricas sobre a viabilidade do plano. Seu único questionamento se deu devido ao número de trabalhadores que

o plano estipulava. Para o período em questão não seria possível mobilizar cinco duplas (um quinto de todos os eletricitas da obra) para este serviço devidos a outros trabalhos simultâneos. A empresa também não tinha condições por razões financeiras e burocráticas para mobilizar a tempo mais trabalhadores para atender a esta demanda. Mesmo assim foi garantido que uma dupla seria suficiente para atender o prazo estipulado. Foi realizado um teste em meio turno de um sábado onde uma dupla foi capaz de instalar todas as luminárias de um pavimento. Este experimento provou que a informação do encarregado estava correta.

O plano de pacote de trabalho é concluído com a sua última parte que consta na figura 20, o encarregado pela produção assinou o documento dando ciência e se comprometendo a executar o plano. Assim o trabalho pôde ser iniciado na data estipulada.

A análise de atendimento de custo orçado é feita em duas etapas. Quanto à mão de obra, se tratando de contratação por empreitada a preço global, o custo orçado foi atendido já que contratação estava dentro de valores estipulados pelas contas controles. Quanto a material, devido à compra extra de luminárias não previstas em projeto e levantamento, houve acréscimo de gastos já que a contratação desta classe de material já se havia dado por encerrada. Porém feito este estudo de planejamento, ficou claro os motivos por este erro. Assim fica o histórico para possíveis esclarecimentos por este desvio de custo.

Figura 20 – Entrega parcial 3 do plano de pacote de trabalho do caso 1

Código de pacote de trabalho:			
S01-EL01			
Tempo de ciclo (5 dias ou 10 dias)			
10			
Serviço TCPO			
16530.8.1.1			
Homens/Hora			
	Consumo (h/homem)	Equipe programada:	
1	Ajudante de Eletricista	0,216667	1
2	Eletricista	0,216667	1
Análise de custo:			
1	Material: Acréscimo devido a compra de luminárias fora de levantamento de projeto		
	Mão de Obra: Dentro do custo		
2	orçado		

(fonte: próprio autor)

5.2.2 Caso 2: Aplicação de processo de planejamento

O segundo caso escolhido para aplicação do processo de planejamento foi a instalação de eletrocalhas que servem como infra elétrica para os circuitos de iluminação de emergência compostos por blocos autônomos do primeiro subsolo do empreendimento. O sistema é composto por eletrocalha de perfis metálicos penduradas por barras metálicas fixadas diretamente na laje com chumbadores.

A primeira etapa a ser realizada foi o estudo de projetos, etapa incluída no método após aplicação do caso 1. Foi identificada a quantidade de serviço a ser realizado e avaliado o impacto com outras instalações como hidráulica, automação e climatização. Nesta etapa, não se identificou nenhuma incompatibilidade (já havia estudo prévio de compatibilidade de instalações). Outro fato facilitador é que a cota desta infra de iluminação de emergência estava determinada em nível mais baixo se comparada a todas outras instalações que, por sua vez, já estavam praticamente concluídas como mostra a figura 21. Projetos seguem anexos.

Figura 21 – Foto setor E do primeiro subsolo



(fonte: próprio autor)

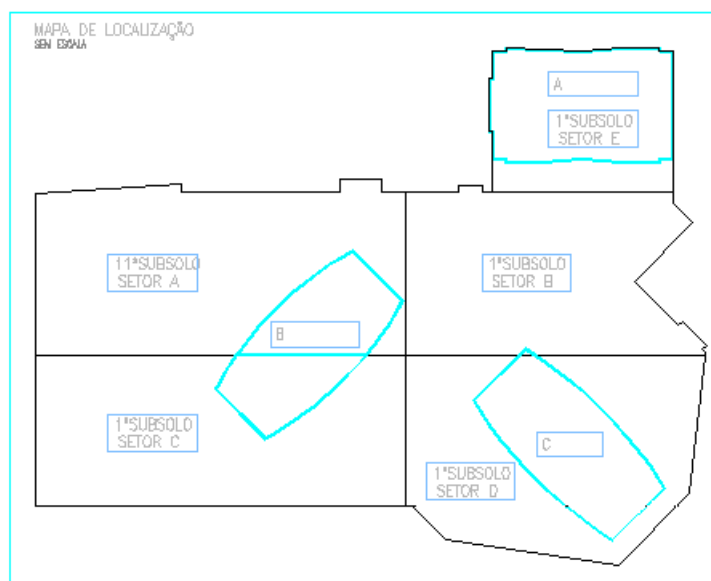
A figura 22 mostra o primeiro produto do processo de planejamento. Foi determinada a empresa terceirizada responsável pela execução, os seus dados de contato, escopo de trabalho, zonas de trabalho que constam na figura 23, quantidade total de serviço e normas regulamentadoras que se aplicam a atividade.

Figura 22–Entrega parcial 1 do plano de pacote de trabalho do caso 2

Início:	Fim:	
Código de pacote de trabalho:		
<u>S01-EL02</u>		
Executor:		
Nome:	Empreiteira Elétrica	
E-mail:	empreiteiraeletrica@empreiteiraeletrica.com.br	
Telefone:	xxxxxxx	
Frequência do rádio:		
Zonas:		
1	SS1A, SS1B, SS1C, SS1D e SS1E	
2		
3		
Escopo:	Instalação de Eletrocalhas	Quantidade a executar: <u>492</u> ml
	Fixação de eletrocalha em laje de concreto	
NBR/localização de Manual de Execução:		
	NR18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção	
	NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão	
	NBR 6689 - Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais	

(fonte: próprio autor)

Figura 23–Zonas de trabalho caso 2



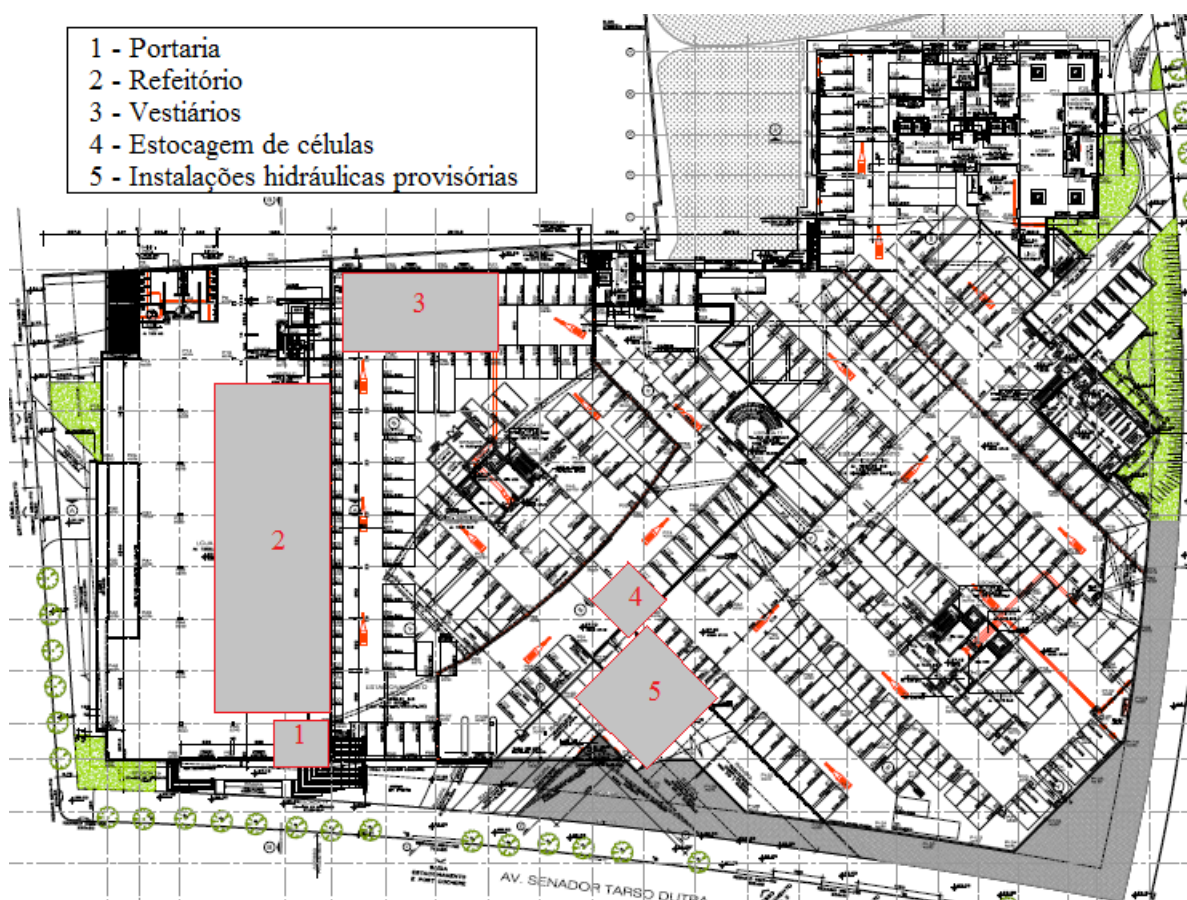
(fonte: adaptado de banco de dados de empresa)

A próxima etapa foi a identificação das restrições que compõem o segundo produto do processo. As primeiras restrições a serem identificadas são referentes à não conclusão de trabalhos pré-requisitos. Foi identificada apenas uma restrição quanto a serviços pré-requisitos. No setor A, a estrutura de laje de concreto estava incompleta devido a furo onde anteriormente estava montado elevador cremalheira de uma das torres comerciais. O mesmo furo na laje era utilizado para içamento dos quadros do primeiro subsolo, onde eram transportados até o andar de instalação e por isso ainda não havia sido concretado este trecho de laje. Todas as outras áreas não apresentavam restrição.

A empresa executora era responsável pelo gerenciamento de suprimentos. Assim comunicada a quantidade total do serviço a ser realizado foi dada a confirmação de que os materiais estariam na obra em tempo para início dos serviços. Deste modo não havia restrição quanto a suprimentos (grande parte já estava na obra).

Quanto a restrições de construção enxuta foi identificada a necessidade de atualização do layout de canteiro. A atividade em questão deveria ser executada por uma área de aproximadamente 5000 m² do primeiro subsolo do empreendimento. Esta área abriga algumas instalações provisórias e áreas de estocagem. O layout foi atualizado e consta na figura 24.

Figura 24–Layout canteiro primeiro subsolo



(fonte: próprio autor)

Como restrição de equipamentos foi identificada a necessidade de locação de plataforma de trabalho aéreo para execução do trabalho. A figura 25 mostra o equipamento necessário para atividade. A plataforma elevatória "tesoura" é um equipamento compacto e móvel, ideal para a atividade. Em conjunto, foram avaliadas as restrições de segurança por justamente se tratar de trabalho aéreo. Além de documentação de regulamentação do equipamento, é imprescindível o uso de cinto de prevenção de quedas. Assim foi obtida confirmação do setor de suprimentos de disponibilidade de equipamento junto com documentação necessária e o responsável pela execução foi notificado da necessidade de uso de EPI. A equipe de segurança da obra também foi informada para ficar atenta ao andamento da atividade.

Figura 25–Plataforma de trabalho aéreo



(fonte: próprio autor)

A última classe restrições a ser analisada foi a de restrições de permissões, clima e interferência de outras atividades. Quanto às permissões e clima não foi identificada nenhuma restrição. Porém com a análise do layout de canteiro foi identificado que o setor A abrigava área de estocagem e içamento de células da fachada "pele-de-vidro" como mostra figura 26.

Figura 26–Área de estocagem e içamento de células de fachada



(fonte: próprio autor)

O documento que descreve a análise de restrições se encontra na figura 27.

Figura 27–Entrega parcial 2 de plano de pacote de trabalho do caso 2

Código de pacote de trabalho:		
S01-EL02		
Restrições	Status	
Restrições quanto a Trabalhos pré-requisitos:		
1 Estruturas	OK	
2 _____		
3 _____		
Restrições quanto a material:		
1 Confirmação de eletrocalhas, chumbadores, e abraçadeiras	OK	
2 _____		
3 _____		
Restrições quanto a construção enxuta:		
1 Atualização de layout de canteiro	OK	
2 _____		
3 _____		
Restrições quanto a equipamentos:		
1 Plataforma elevatória	OK	
2 Documentação de equipamentos		
3 _____		
Restrições quanto a treinamentos:		
1 Confirmação de treinamento de equipe	OK	
2 Confirmação de regulamentação de equipe	OK	
3 _____		
Restrições quanto a segurança:		
1 Considerações NR18	OK	
2 Trabalho em altura confirmação de EPIs	OK	
3 _____		
Restrições quanto a permissões/clima/interferência		
1 Pendências de permissões	OK	
2 Interferência com estocagem de quadros e instalações provisórias do setor B	NÃO OK	
3 _____		

(fonte: próprio autor)

Analisadas todas as classes de restrição propostas e devido à grande área de serviços envolvida, se notou a necessidade da definição de um plano de ataque. Com base na liberação das áreas, foi definida a ordem iniciando pelo setor E seguido dos setores D, B e A. O setor C foi retirado

deste plano devido às interferências identificadas. A sua execução vinculada ao término das atividades conflitantes.

Consultada a TCPO, em busca pelo consumo de horas por homem para este serviço, foi identificado valores de produção para instalação das eletrocalhas como mostra a figura 28.

Figura 28 – Consumos unitários eletrocalha perfilado liso em chapa de aço da TCPO

16134.8.1_ PERFILADO LISO em chapa de aço – unidade: m				
CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS	
			DIMENSÕES (MM)	
			19 X 38	38 X 38
			16134.8.1.1	16134.8.1.2
01270.0.1.13	Ajudante de eletricista	h	0,40	0,40
01270.0.22.1	Eletricista	h	0,40	0,40
16134.3.5_	Perfilado em chapa de aço liso	m	1,00	1,00

(fonte: TCPO, 2003)

A partir deste consumo, foi calculada a equipe necessária para realização do serviço com base em dez dias de trabalho (duas semanas descontando sábados e domingos). Levando em conta o consumo de 0,4 horas de ajudante de eletricista e 0,4 horas de eletricista por unidade de metro linear de eletrocalha, chegou-se ao resultado da necessidade de duas duplas para realização do serviço.

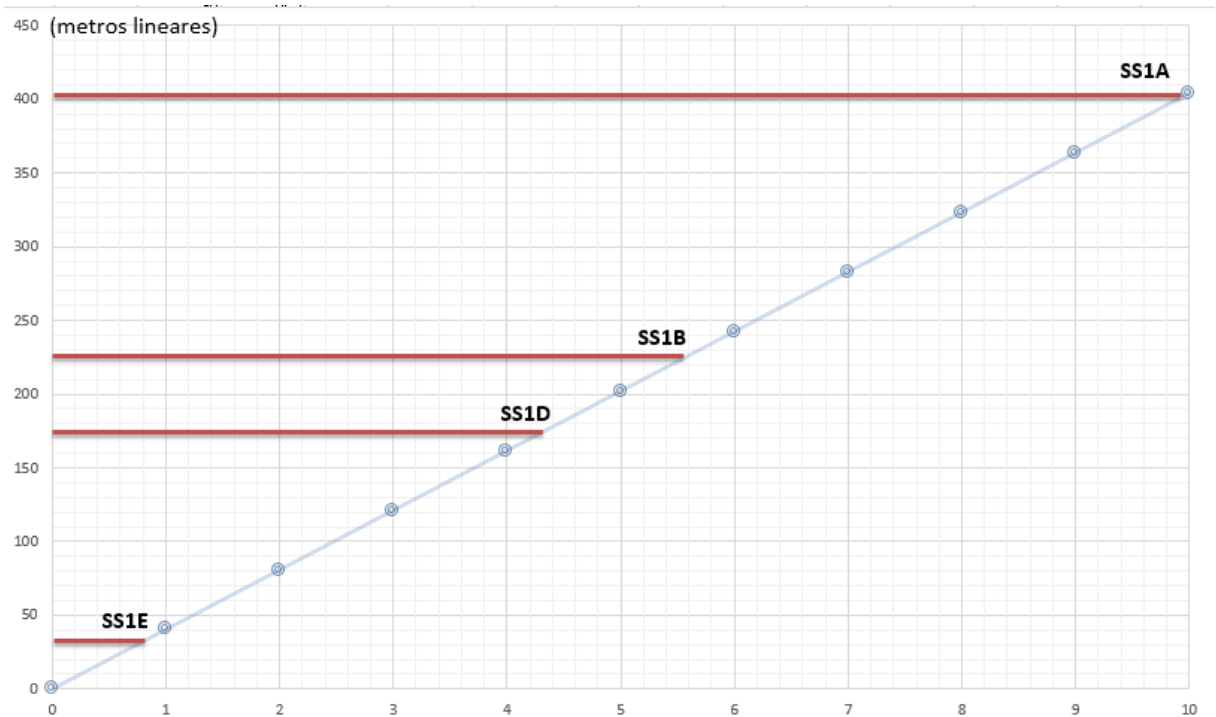
Considerando o nível de trabalho constante e a quadro 3, que traz o levantamento de metros lineares a serem executados, foi desenvolvida a linha de fluxo da figura 29.

Quadro 3 – Levantamento de metros lineares de eletrocalha

Setor	Metros lineares (m)
SS1A	173
SS1B	60
SS1D	138
SS1E	33
Total	404

(fonte: próprio autor)

Figura 29 – Linha de fluxo caso 2



(fonte: próprio autor)

Analisando a linha de fluxo se nota que o setor E deverá ser concluído no primeiro dia de trabalho das duas equipes. Até o primeiro turno do quarto dia, o setor D deverá estar concluído seguido do término do setor B no dia seguinte. A segunda semana é praticamente reservada para a execução do setor A. Feita esta avaliação, uma outra alternativa seria a determinação de que uma das duplas trabalhasse exclusivamente no setor A e a outra nos outros setores. Esta segunda alternativa de plano de ataque foi escolhida.

O plano de pacote de trabalho é concluído com a sua última parte que consta na figura 30. Por último, o plano foi apresentado para o responsável pela execução que validou a sua viabilidade.

Figura 30 – Entrega parcial 3 de plano de pacote de trabalho do caso 2

Código de pacote de trabalho:		
S01-EL02		
Tempo de ciclo (5 dias ou 10 dias)		
10		
Serviço TCPO		
16134.8.1		
Homens/Hora		
	Consumo (h/homem)	Equipe programada:
1 Ajudante de Eletricista	0,4	2,1
2 Eletricista	0,4	2,1
Análise de custo:		
1 <u>Material: Dentro de contrato de empreitada global que estava dentro do custo</u>		
2 <u>Mão de Obra: Dentro do contrato de empreitada global que estava dentro do custo</u>		
3 Equipamentos: Locação de duas plataformas de trabalho aéreo por duas semanas. Custo de locação de equipamentos estava estourado e foi reprogramado		

(fonte: próprio autor)

A análise de atendimento de custo orçado é feita em três etapas. Quanto à mão de obra, contratada por empreitada a preço global, o custo orçado foi atendido já que contratação estava dentro de valores estipulados pelas contas controles. Quanto ao material, vale a mesma situação

de contratação por empreitada global dentro do custo previsto. Quanto à locação de equipamentos, a obra já havia realizado todo o valor previsto, com isso foi necessário reprogramação de custo.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão analisados os resultados e a eficiência do processo de planejamento atentando para as dificuldades encontradas pelo ponto de visto do responsável pela criação do plano. Começando pela eficiência da quantidade de tempo demandada pelo planejador, em ambos os casos, a identificação de todas as restrições e obtenção das confirmações não passou de 20 minutos para cada plano de pacote de trabalho planejado. Esta quantidade de tempo esta relacionada com a prontidão da equipe em responder aos questionamentos de restrição através dos canais de comunicação disponíveis. Vale ressaltar que o tempo de planejamento pode aumentar no caso da falta de informações necessárias. Por exemplo, podem ser necessárias visitas ao local para melhor análise do caso.

Tomando como base 20 minutos de planejamento para cada atividade e levando em conta o número de 162 atividades em um mês pico de serviço do empreendimento, seria necessário por volta de 54 horas de planejamento por mês ou 13,5 horas por semana. Sendo que a obra contava com quatro engenheiros gerenciando a produção cada um deveria dedicar por volta de 3,5 horas ou um turno de trabalho apenas para planejamento. Assim, sendo plausível a utilização do processo proposto. A título de comparação, de acordo com Goeff (2009), a proporção ideal de planejadores para trabalhadores é de um para cinquenta para utilização do processo de planejamento *Workface planning*. Portanto, a equipe de quatro engenheiros não seria suficiente para utilização plena deste método já que nos meses pico da obra foram contabilizados uma média de 360 trabalhadores.

Após a primeira aplicação do método foi percebido que três alterações se faziam necessárias. A **primeira alteração** seria uma etapa preliminar de estudo de projetos e documentos. Esta etapa garantiu que a produção de instalação de luminárias não fosse afetada pela falta de suprimentos. A **segunda alteração** introduzida foi a reunião final com o encarregado da produção para apresentação do plano para ajustes. No primeiro caso, foi nesta etapa que se definiu a redução de cinco para uma dupla de trabalhadores. Esta redução garantiu melhor aproveitamento de mão de obra. A **terceira alteração** introduzida foi etapa de definição de

plano de ataque. Ficou claro na análise do segundo caso, onde havia lotes de diferentes tamanhos, e a definição da ordem de execução também almejava melhor aproveitamento das equipes.

Quanto à base de dados de produtividade da TCPO, deve-se ter alto cuidado com o seu uso. No primeiro caso a diferença entre o que estava previsto na TCPO e capacidade real de produção variou em aproximadamente cinco vezes. Caso o plano inicial de cinco equipes fosse posto em prática e mesmo que este serviço fosse concluído antes, certamente acarretaria em prejuízos para outras atividades simultâneas devido à realocação das equipes. Assim é altamente indicado que, se possível, os dados de produtividade obtidos na TCPO sejam testados no início do período estipulado para determinada produção.

Levando em conta que nos dois casos se tratava de empreiteira terceirizada contratada por preço global, a variação do custo da mão-de-obra decorrente do nível de serviço exigido pela gerenciadora da construção passa ser absorvido pelo empreiteiro que se compromete com a entrega dos serviços no prazo acertado. Isto traz maior garantia de que o custo final orçado pela construtora não sofra desvio. Porém deve-se ter noção sobre o limite a ser exigido de um prestador de serviço a fim de evitar que, ao comprometer o fornecedor quem seja o prejudicado final seja a obra com desvios de prazo e custo. Para evitar estas inconformidades, o mesmo raciocínio deve ser realizado antes da contratação de determinado fornecedor. Como mostram os dados de anomalias de planejamento coletados pela empresa, e levando em conta a filosofia de terceirização de serviços usada pela mesma, deve-se buscar maior garantia da capacidade de atendimento dos terceirizados principalmente quanto à mão de obra.

No primeiro caso de aplicação do processo, houve desvio de custos de material por incompatibilidade de projetos e conseqüente erro em levantamento de compra. Através da aplicação do processo foi possível a identificação do problema e a resolução a tempo de não afetar a produção. O segundo caso envolvia locação de equipamentos cuja conta controle estava sem verba disponível. Por meio desta análise foi possível mapear e documentar os gastos que continuaram a ocorrer aumentando este déficit de verbas a fim de explicações posteriores.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho buscava como objetivo principal a avaliação da viabilidade de integração do *workface planning* a um sistema de planejamento baseado no *lastplanner* em uma obra de construção civil. Foi proposto um processo de planejamento através da definição de entregas parciais que integram o plano de pacote de trabalho desde apresentação de escopo de trabalho, definição de responsáveis pela execução, levantamento de restrições e confirmação de solução das mesmas até o final do processo com uma engenharia de planejamento e análise de custo de modo a criar uma memória de cálculo do plano. O estudo de caso cumpriu com seu objetivo, colocando o processo a prova e demonstrando a necessidade da adição de passos fundamentais. Deste modo, o processo proposto pode ser utilizado em conjunto com o sistema *LastPlanner* de modo a transformá-lo em um processo empurrado, onde a viabilização dos pacotes de trabalho que devem acontecer, em condições ideais, ocorre continuamente criando um "estoque" de atividades viáveis prontas para equipe de produção se comprometer a executá-las de acordo com o cronograma. Deve-se destacar que nem todas as informações estarão disponíveis para definição exata do plano com antecedência, mas pode-se adiantar grande parte de sua coleta.

Quanto ao atendimento dos objetivos secundários, o primeiro deles era avaliação da viabilidade da associação do *workface planning* com o detalhamento progressivo dos pacotes de trabalho. A definição das entregas do processo padroniza a busca pelas informações necessárias para o detalhamento dos pacotes de trabalho. Com a utilização do sistema de classificação de informações com base no zoneamento como parte fundamental do processo de planejamento proposto, a sua adoção contribui de forma direta na facilidade de controle dos planos desenvolvidos. Porém, durante o estudo de caso, ficou claro que este tema tem alto potencial para ser mais explorado caso houvesse mais informações acessíveis como custos, quantitativos e especificações específicas para a estrutura de zoneamento determinada.

O segundo objetivo secundário era a avaliação da eficiência do processo. Após análise dos resultados, foi identificado que o processo é de aplicação plausível. Os tempos comprometidos com o planejamento divergem se comparados com os propostos pela bibliografia do processo que inspirou esta adaptação já que o processo proposto seria aplicável com uma quantidade

menor de planejadores. Foi identificado que fator determinante na eficiência do processo é um canal de comunicação que envolva toda a equipe (suprimentos, qualidade, segurança e produção). Outro fator de alta importância é o envolvimento de uma equipe engajada e competente que forneça as respostas necessárias de forma precisa e breve.

Pode-se afirmar que a adoção deste processo de planejamento, pelo menos ao caminho crítico da obra, pode aumentar as chances de conclusão em prazo previsto de um empreendimento. A atenção ao caminho crítico é fundamental já que cada dia de atraso nele é um dia de atraso na entrega do projeto. Mesmo assim, vale ressaltar que talvez nem todos os pacotes de trabalho de uma obra necessitem do nível de detalhamento do processo proposto.

O terceiro e último objetivo secundário é a análise de atendimento de custo orçado dos pacotes de trabalho de acordo com o plano determinado. A análise foi realizada identificando casos de suprimentos que estavam fora da previsão de custos em ambos os casos. Assim a realização deste estudo identificou previamente a necessidade de reprogramação de custo para estas atividades mantendo um histórico documentado para explicações. Portanto, este objetivo também pode ser considerado atingido com uma ressalva de não ter sido aplicado a uma situação de contrato de mão-de-obra por preços unitários, método de contratação muito comum na indústria da construção.

Além dos pontos já mencionados que o trabalho poderia ter explorado e como continuação do assunto abordado, como novos estudos pode-se destacar o desenvolvimento de uma plataforma para gerenciamento de todos os planos de pacote de trabalho de uma obra. Esta plataforma poderia agregar o gerenciamento de todos os recursos cuja falta foram identificadas como restrições para a realização do plano, também poderia disponibilizar um manual de processos executivos próprio da construtora com um banco de dados de produtividade confiável e fazer a integração com o orçamento da obra. Como outras sugestões de novos estudos é proposto o desenvolvimento de um plano de comunicação que atenda as necessidades do processo e também qual poderia ser a contribuição de modelos *Building Information Models*. Feito esta avaliação do trabalho, se considera que os objetivos deste trabalho estão alinhados com os princípios da construção enxuta de aumento de transparência, padronização e aperfeiçoamento de processos como o de planejamento.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para a incorporação de edifícios em condomínio - Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- BALLARD, G. **The last planner system of production control**. 2000. 191 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BERNARDES, M. M. e S. **Planejamento e Controle da Produção para empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- CONSTRUCTION MANAGEMENT ASSOCIATION OF AMERICA. **Construction management Standards of Practice**. CMAA, McLean: 2010. Disponível em: <https://cmaanet.org/files/shared/SOP_Sample.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2015.
- FORMOSO, C. T. (Org.) **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Norie/UFRGS, 2001.
- FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de Referência para Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: PPGECC / UFRGS, 1999.
- ISATTO, E. L. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <renatojherrmann@gmail.com> em 30 mai. 2016.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. M. de.; HIROTA, E. H.; ALVES, T da C. L. A. **LeanConstruction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: Sebrae, 2000. Série Construção Civil n. 5.
- KELLEY, J; WALKER, M. Critical-path planning and scheduling. In: THE EASTERN JOINT COMPUTER CONFERENCE, 1959, Nova Iorque, **Proceedings...** Nova Iorque: Association for Computing Machinery, 1959, p. 160-173.
- KENLEY, R; SEPPANEN, O. **Location based management for construction**: Planning, Scheduling and Control. Abingdon: Spon Press, 2010.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n° 72, Stanford: CIFE, 1992.
- LARA, F. **Manual de propostas técnicas**. São Paulo: Pini, 1994.
- LEITE, M. O.; PINHO, I. B.; PEREIRA, P. E.; HEINECK, L. F.M.; ROCHA, F. E. M. da. Aplicação do sistema Kanban no transporte de materiais na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2004. p. 667-673. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep_0110_0859.pdf>.

MACHADO, A. M. **Gestão do escopo da produção de edificações verticais: decomposição e controle entre os níveis de planejamento**. 2014. 89 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

OMNICLASS. Introduction and User's Guide Edition 1.0. Omniclass®, 2006. Disponível em: <http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_Main_Intro_2006-03-28.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015.

PEZZI, A. P. **Controle de custos em empreendimentos de construção através de pacotes de trabalho: alocação dos custos orçados**. 2013. 110 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos: Guia PMBOK®**. 5. ed. Newtown Square, USA: 2013.

RYAN, G. **Schedule for sale workface planning for construction projects**. Bloomington: AuthorHouse, 2009.

SILVEIRA, B. R. **Método para o planejamento integrado de custos de mão de obra subempreitada e da produção em obras da construção**. 2015. 125 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2003.

TEICHOULZ, P. Interoperability in the Construction Industry. McGraw Hill Construction, 2007. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077485.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.