

PLANEJAMENTO DE CRONOGRAMAS FÍSICOS FINANCEIROS POR MEIO DA METODOLOGIA DE LINHA DE BALANÇO

Data de aceite: 20/07/2020

Sérgio Geraldo dos Reis Júnior

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-3399-0835>

Danielle Meireles de Oliveira

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-4379-5096>

Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-7875-9314>

Aldo Giuntini de Magalhaes

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-1574-8284>

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-2538-3525>

RESUMO: O setor da construção civil tem investido em novos processos gerenciais em busca de melhoria nos resultados físicos e financeiros dos empreendimentos. Este estudo tem por objetivo identificar os benefícios na utilização do planejamento de obras por meio da metodologia de linha de balanço em edifícios verticais. Assim, será analisado um cronograma físico financeiro e propostas alterações, baseadas no planejamento por meio da linha de balanço, na ordem e no ritmo de construção. Foi realizado um estudo de caso com o cronograma físico financeiro proposto para o projeto de reforma da antiga escola de engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Através da identificação de estruturas repetitivas de construção, os quantitativos e serviços foram segmentados, permitindo associar o avanço físico e financeiro de modo mais aderente com a realidade da construção do empreendimento. Como resultado, foi possível replanejar as atividades

de modo mais fidedigno com a realidade de execução dos serviços, diminuindo o dispêndio financeiro do empreendimento, as interferências entre equipes e possíveis improdutividades.

PALAVRAS-CHAVE: Cronograma Físico Financeiro, Planejamento, Linha de Balanço.

USE OF LINE OF BALANCE TECHNIQUE IN CONSTRUCTION COST AND PROGRESS SCHEDULING

ABSTRACT: Brazil's construction sector is investing even more in new management process, looking for better productivity and less costs. This paper proposes to identify how line of balance methodology could help managers to improve the creation of schedules and the management of projects. A case study has been run to reach this objective, where a traditional schedule for reconstruction of the engineering school of Federal University of Minas Gerais has been analyzed and modified following the line of balance methodology. Firstly, repetitive tasks were identified, then the quantities have been taken off, becoming possible to create a better relationship between the costs and completion progress. Was verified that this method allowed to schedule tasks more efficiently, focusing in how the construction in field happens. In this case in special, interferences between teams could be solved and a better economic strategy was reached.

KEYWORDS: Scheduling, Line of Balance, Management, Cost.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, a gestão no setor da construção civil apresenta deficiência tanto no setor público quanto no privado. Esta característica, para Toledo *et al.* (2000), está relacionada com o não comprometimento das empresas da construção civil no desenvolvimento de inovações, uma vez que a existência de grandes investimentos no fim da década de 70 supria a ineficiência do processo produtivo. Já na década de 80, de acordo com Abaurre (2014), a maior parte do lucro deste setor estava associada à incorporação imobiliária, levando a uma depreciação do processo produtivo. No início da década de 90, iniciou-se a mudança gradativa à medida que as construtoras associaram o lucro com o uso de novas soluções gerenciais, com a finalidade de aumentar a produtividade em campo.

Este setor investiu R\$ 592 bilhões em 2016, montante que representa 19,8% a menos no Produto Interno Bruto (PIB) real das incorporadoras e construtoras, quando comparado ao mesmo período de 2014. Neste ano, esperava-se o fechamento de 681,5 mil postos de trabalho na construção civil (CONSTRUBUSINESS, 2016). Diante dessa realidade, existe uma demanda cada vez maior de métodos e tecnologias de planejamento que contribuam para uma boa gestão, fiscalização e execução das obras. Este trabalho tem como propósito analisar a contribuição proveniente do uso da metodologia de linha de balanço na criação de cronogramas físico financeiros para edificações verticais, ao invés

do planejamento convencional.

Para isso, realiza-se um estudo de caso da obra da antiga Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Será criado um planejamento físico com o auxílio do *software* Excel para esboçar a linha de balanço, possibilitando a definição da duração das atividades. Por meio da segmentação dos quantitativos de serviços por unidade de repetição, será possível construir um cronograma físico financeiro mais aderente com a realidade da construção do empreendimento.

Neste sentido, este trabalho busca analisar os possíveis benefícios provenientes da mudança do planejamento que reflitam tanto na qualidade técnica quanto financeira da obra. Em suma, busca-se entender se a construção do cronograma físico financeiro por meio da linha de balanço de fato possibilita mudanças significativas na construção, gestão e fiscalização do empreendimento.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

As obras que são financiadas com orçamento público devem obedecer a Lei de licitações, Lei Nº 8.666 de 1993, que estabelece normas gerais a respeito dos contratos administrativos, os quais devem ser seguidos pelos órgãos da administração direta, os fundos especiais, as autarquias, as fundações públicas, empresas públicas e as demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União, Estado, Distrito Federal e Municípios. De acordo com a Seção III, que diz respeito Das Obras e Serviços tem-se:

IX - Projeto Básico - conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos: [...]

d) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;

e) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados;

No art. 7º da referida Lei, lê-se:

§ 2º As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando:

II - Existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários;

Além da necessidade técnica, o planejamento e orçamento são demandas obrigatórias para que os empreendimentos públicos sejam licitados. Enquanto o primeiro viabiliza a identificação do escopo dos serviços, do método construtivo e da criação de cronogramas de mão de obra, equipamentos e insumo para previsão do término da obra, o orçamento permite a precificação a partir das planilhas orçamentárias, aproximando-se dos valores necessários para viabilizar a construção do projeto.

Apesar das leis limitarem variações de orçamento nas obras licitadas, as alterações de contrato que ocorrem ao longo da execução das obras frequentemente ultrapassam a vantagem obtida na licitação, causando, de acordo com Nunes e Freire (2002), prejuízo aos cofres públicos. Um orçamento bem feito, trabalhado ao lado de um planejamento de custos é responsável por reduzir atrasos e prejuízos ao empreendedor. Uma vez realçada a importância destes processos durante a fase de concepção do empreendimento, é necessário entender como ocorrem e quais são suas principais deficiências.

2.1 Planejamento

De acordo com Formoso (2001), o planejamento é um processo gerencial que envolve estabelecer objetivos e determinar os procedimentos para atingi-los, sendo eficaz quando o controle é realizado simultaneamente. O controle da produção é, para Limmer (1997), conhecer e corrigir os desvios que venham a ocorrer em relação ao planejado e ainda avaliar continuamente a qualidade do que foi planejado. O controle é a finalização do ciclo lógico de gerenciamento de um projeto, através da aferição do executado, comparando-o com o planejado, buscando determinar o avanço, detectar desvios e definir correções em uma retroalimentação contínua do processo.

Laufer e Tucker (1987) dividem o planejamento em três níveis hierárquicos em função do nível de detalhamento e da proximidade da execução do plano: estratégico, tático e operacional. O estratégico ou de longo prazo é o mais geral e duradouro, sendo responsável por definir os ritmos da produção, estabelecendo prazos, ciclos e processos. O tático ou de médio prazo vincula o plano estratégico com o operacional, dando ênfase à programação de recursos de forma a remover as restrições para a realização dos serviços. Este planejamento também é conhecido como planejamento *lookahead* e, de acordo com Hamzeh *et al.* (2012), verifica-se seu mau uso na prática, o que resulta em uma grande lacuna entre o planejamento de longo e curto prazo, reduzindo assim a confiabilidade e a capacidade de estabelecer previsões.

De acordo com Brito e Ferreira (2015), o planejamento de curto prazo ou operacional tem o maior nível de detalhamento, distribuindo os pacotes de trabalho para as equipes e exigindo um efetivo controle da programação. Ballard (2012) propõe quatro critérios para garantir a qualidade na elaboração dos planos para o planejamento semanal: pacotes de trabalho bem definidos, sequência e quantidade correta de trabalho e a possibilidade de

executar as tarefas (remoção das restrições).

Segundo Magalhães *et al.* (2018), no sistema tradicional de planejamento existe uma predominância da produção empurrada, sendo baseado no método do caminho crítico (CPM) e na técnica de avaliação e revisão de programa (PERT). Este método apresenta falhas conceituais que resultam em ineficiências para a construção civil e Koskela (1992) apontou algumas delas: não se considera os fluxos físicos entre as atividades, concentra-se nos subprocessos individuais em detrimento do processo global, não se leva em consideração os requisitos dos clientes. O resultado é um planejamento deficiente pois, uma vez que a maior parte dos custos está relacionada aos fluxos, a concentração em subprocessos tende a ter impacto limitado na eficiência global e não agrega valor ao cliente, se não através da utilização de insumos de melhor qualidade.

Sendo conhecidas as atividades que serão executadas, o método empregado e os recursos necessários, podem ser utilizadas técnicas específicas para a programação de projetos, entre elas a rede de precedência (PERT e CPM) e a técnica da linha de balanço (*Line of Balance*, ou LOB). Entretanto, a técnica CPM constitui a base da maioria dos sistemas computacionais para planejamento e controle de empreendimentos, tais como Microsoft Project e Primavera (BIOTTO *et al.*, 2015).

De acordo com Limmer (1997), com o tempo as técnicas PERT e CPM foram unificadas para representar as redes de cronogramas, onde as atividades são representadas por setas. Neste método, o operador determina as atividades e suas lógicas de execução, estabelece as respectivas durações e realiza o desenho da rede. Dessa forma, obtém-se a data de fim de projeto, o caminho crítico e as folgas das demais atividades. A popularização dos *softwares* que utilizam desta metodologia foi fator predominante para que o método de planejamento usual na atualidade fosse baseado nesse formato.

2.2 Orçamento

Durante a fase de pré execução, juntamente com o planejamento das atividades, surge a necessidade de recorrer à engenharia de custos para estimar os valores de execução dos projetos. De acordo com Coelho (2003), a orçamentação é o levantamento em detalhes de todos os serviços necessários à execução de um empreendimento e deve ocorrer concomitante por toda equipe responsável pelo planejamento e gerenciamento de custos da empresa, pretendendo avaliar economicamente o custo do projeto.

Durante a execução de um empreendimento, a escolha de métodos executivos diferentes pode viabilizar o aumento de produtividade e reduzir o histograma de mão de obra. Como exemplo, tem-se a substituição da concretagem *in loco* por elementos pré-moldados ou perfis de aço. Entretanto, esta mudança também pode influenciar de maneira negativa nos custos para a execução destes mesmos elementos.

A adoção de diferentes metodologias de execução interfere nos custos de produção

e, apesar do planejamento estar relacionado com a criação de eventogramas de execução e histogramas (mão de obra, insumos e equipamento), um orçamento que não leve em conta os métodos propostos pela equipe de planejamento pode inviabilizar a execução de certos projetos.

Dessa forma, se o não entendimento do planejamento proposto pode influenciar na execução da tarefa, é de se esperar que o planejamento mal interpretado pelo engenheiro de custos possa também comprometer uma boa orçamentação do projeto, sugerindo previsões de valores que estão distorcidas dos reais.

2.2.1 Índices da construção civil

De acordo com Coelho (2016), os tipos de orçamentos mais comuns são: o convencional (orçamento discriminado ou detalhado), o operacional (norteia a execução da obra), o paramétrico (de cunho essencialmente aproximado e bastante utilizado nas informações iniciais repassadas aos clientes) e o para incorporação em condomínios.

Enquanto o orçamento paramétrico utiliza indicadores para estimar o custo total, o orçamento detalhado quantifica os materiais, hora de mão de obra/equipamento, taxas e encargos sociais necessários para a execução do empreendimento. Por outro lado, o orçamento operacional visa atender ao controle do empreendimento, fornecendo informações para a equipe de planejamento e que podem servir para tomada de decisão (COELHO, 2016).

De acordo com Castro *et al.* (1997), a construção civil apura seus custos através do preço unitário, que utiliza índices extraídos de tabelas. O mesmo vale para a verificação das obras públicas para que não ocorra superfaturamento. Dessa forma o órgão público responsável por elaborar o contrato que rege aquela licitação desmembra o serviço em composições unitárias, por exemplo, execução de alvenaria (m²) ou quantidade de concreto (m³) para que então a empresa forneça valor de custo unitário por escopo de serviço. O somatório desses serviços, somado aos custos indiretos e ao lucro da empresa corresponde ao valor ofertado que é então comparado entre as concorrentes.

Visando prever o orçamento do empreendimento e encontrar valores aproximados dos que serão ofertados pelas empresas interessadas, são utilizadas composições de custo unitárias (CPUs). Essas CPUs são composições de serviços que levam em conta o custo da mão de obra, com encargos sociais e do material para execução de um valor unitário de determinado serviço. O consumo dos insumos pode variar e é obtido de acordo com a experiência das empresas do ramo da construção. Dessa forma a empresa é capaz de avaliar seus gastos e receitas, possibilitando o cálculo do lucro por unidade de serviço oferecido.

No Brasil, existem diversos órgãos e empresas que disponibilizam composições relacionadas aos produtos e materiais da indústria da construção para auxiliar os

profissionais em suas estimativas de preços e servir como base para obras públicas. Um exemplo é a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos - TCPO, viabilizada pela PINI, empresa que disponibiliza bases de preços para Edificações e Infraestrutura, totalizando mais de 8.500 composições. Além dela, existem a SINAPI (criada pela Caixa Econômica Federal), SICRO2 (DNIT), EMOP (Empresas de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro), SIURB EDIF (Prefeitura de São Paulo Obras), SIURB INFRA (Prefeitura de São Paulo), SEINFRA (Governo do Estado do Ceará) e diversas outras.

Como o consumo dos insumos estipulados nas CPUs mudam de acordo com a experiência de cada uma das empresas do ramo da construção, têm-se diferentes composições de mesmos serviços para empresas distintas, uma vez que a qualidade da mão de obra e a tecnologia empregada alteram os custos da produção. As CPUs fornecidas pelos órgãos citados anteriormente devem servir como referência para a verificação financeira e cronológica da obra em todo país.

2.3 Linha de balanço

De acordo com Vargas *et al.* (2012), a técnica da Linha de Balanço foi primeiramente utilizada na década de 40 pela Goodyear e pela Marinha Americana, recebendo o nome genérico de LOB (*Line of Balance Technique*). Posteriormente foi utilizada pela indústria de manufaturas com diversas nomenclaturas, tais como *LSM (Linear Scheduling Method)*; *VP (Velocity Diagrams)*; *CPT (Construction Planning Technique)*; *VPM (Vertical Production Method)*; e muitas outras. É um método de programação essencialmente gráfico derivado do cronograma de barras (Gráfico de Gantt), indicado para projetos com atividades repetitivas e baseado no fato de que toda construção tem um ritmo natural e que qualquer desvio nesse ritmo provoca perdas de recursos e tempo.

Inicialmente esta ferramenta foi criada para lidar com projetos cujos trabalhos fossem repetitivos, onde uma rede CPM deveria ser criada para representar a duração das unidades básicas de repetição. Dessa forma, diagramas CPM contendo 6 a 12 mil atividades poderiam ser representadas por apenas 30 a 60 atividades na linha de balanço (LUMSDEN, 1968 *apud* KENLEY e SEPPANEN, 2010). Essa redução é possível substituindo uma cadeia de atividades por uma única linha, cuja extensão significa a continuidade das atividades em locais diferentes.

Para Magalhães *et al.* (2018), a técnica da linha de balanço é recomendada para obras com atividades repetitivas, como as obras de edificação residencial horizontais ou verticais, desde que contemplem unidades padrões replicáveis. Este método também pode ser aplicado às obras de infraestrutura em que as atividades possam ser quebradas em pacotes, como a execução de revestimentos de rodovias que apresentam diversas atividades sequenciadas que se repetem ao longo de toda a construção.

A técnica de linha de balanço é uma abordagem que permite a visualização das

mudanças de localização das equipes de execução à medida que a obra avança no tempo, facilitando a previsão de conflitos. Ao segmentar as atividades de maneira que cada equipe realize uma tarefa repetível ao longo de toda a produção, é possível aumentar a produtividade através do processo de aprendizado. Este por sua vez é expressivo e deve ser considerado no momento de planejamento das equipes e dos seus processos de produção (VARGAS *et al.*, 2012).

Na Figura 1 encontra-se ilustrada uma possível programação de atividades com o auxílio da linha de balanço. Uma leitura correta do gráfico é de que as atividades relacionadas ao revestimento no quinto pavimento irão ocorrer na quarta etapa. As atividades de demolição foram planejadas para que finalizassem todo o serviço até a quarta etapa. Dessa forma, foram divididas de forma que o quinto e o quarto pavimento iniciassem e finalizassem no primeiro mês. Enquanto o terceiro pavimento é iniciado e finalizado na segunda etapa, o segundo pavimento permanece até a etapa seguinte.

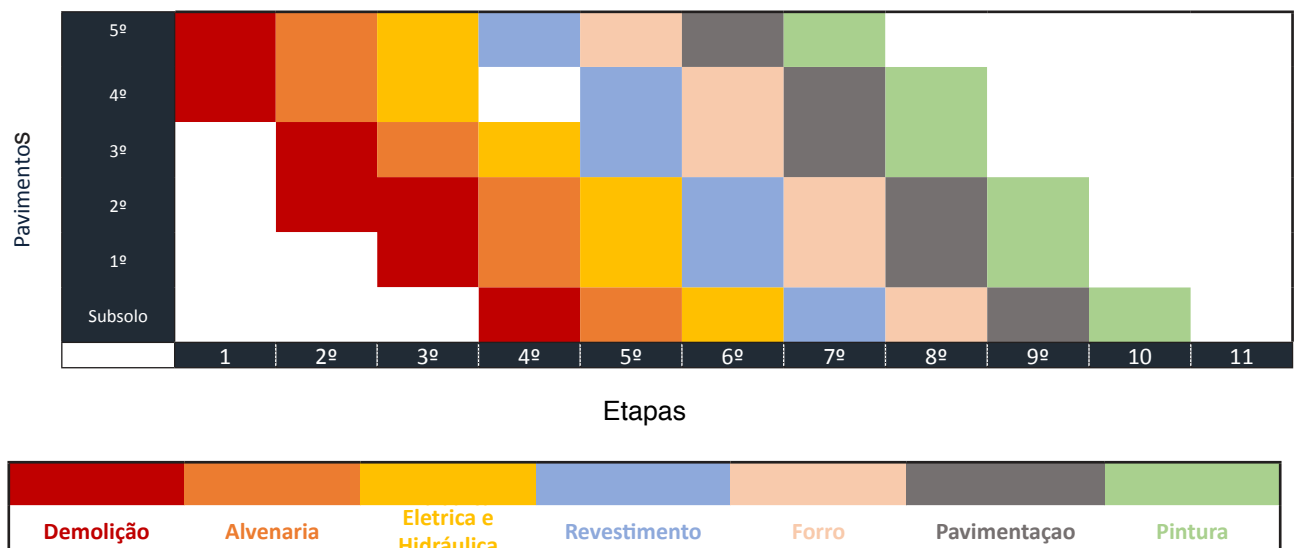


Figura 1 – Linha de Balanço criada para empreendimento fictício a fim de exemplificação.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Este é o modo gráfico para demonstrar que a atividade requer maior duração e foi planejada para ser executada em duas ou mais etapas. Este comportamento, de alteração na duração para conclusão de uma atividade deve ocorrer de acordo com a quantidade de serviço do pavimento e possibilita entender eventuais gargalos de sequenciamento.

2.4 Cronograma físico financeiro

Os cronogramas físico financeiros são criados com a finalidade de prever o dispêndio financeiro de uma obra à medida que seu avanço físico ocorre, embora nem sempre reflitam a realidade. Enquanto um dispêndio financeiro superior ao previsto pode inviabilizar os

fluxos de caixa da companhia, gastos muito inferiores podem estar relacionados a atrasos na execução do empreendimento. Para evitar esses problemas é necessário aperfeiçoar a qualidade do planejamento e controlar para que a execução das atividades em campo esteja alinhada com o cronograma previsto.

Primeiramente, investir no planejamento contribui para alcançar cronogramas físicos de maior maturidade que reflitam a execução real do empreendimento, por meio de metodologias que levem em conta os interesses do cliente, como o custo, o prazo, o método executivo e a tecnologia disponível para execução. Focar somente em atividades de maior custo e de curta duração podem resultar em simplificações no planejamento das atividades intermediárias, inviabilizando a execução do empreendimento como um todo. A segmentação dos quantitativos por pacote de trabalho pode diminuir as simplificações e a distância entre as equipes de planejamento e execução.

Durante a execução do empreendimento, manter a aderência no sequenciamento das atividades facilita a previsão do dispêndio financeiro e do aporte de recursos. Ao analisar a produtividade de campo e realizar correções pontuais das frentes de serviço, é possível manter a aderência do cronograma físico financeiro. A segmentação dos pacotes de trabalho viabiliza então o controle e monitoramento do empreendimento por frente de serviço e por pacote de trabalho, facilitando as análises de produtividade e a tomada de decisão das equipes de planejamento.

3 | METODOLOGIA CIENTÍFICA

Para esta pesquisa foi adotada a modalidade do tipo pesquisa construtiva com a finalidade de aplicação e desenvolvimento do conhecimento teórico ao longo do estudo. Este trabalho elucida primeiramente sobre a análise do cronograma físico financeiro do edifício Álvaro da Silveira, elaborado pela equipe de planejamento e construção da empresa vencedora da licitação para reforma da antiga Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Em segundo lugar, com o objetivo de identificar possíveis melhorias, foi criado um cronograma de execução de obras baseado no planejamento por meio da metodologia de linha de balanço. Com a finalidade de atingir maior aderência com a realidade da construção, utilizou-se da segmentação das quantidades dos serviços por pavimento para possibilitar a associação do avanço financeiro com a linha de balanço. Finalmente, o cronograma físico financeiro elaborado neste trabalho pôde ser comparado com aquele criado pela equipe de planejamento.

Partindo da hipótese de que a segmentação dos pacotes de trabalho de uma obra possibilita a obtenção de cronogramas mais assertivos e facilita seu monitoramento, este trabalho propõe comparar cronogramas de um empreendimento com diferentes níveis de segmentação de dados e verificar qual o impacto no cronograma final.

4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso da obra da antiga Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Localizado no Centro de Belo Horizonte – entre as ruas Espírito Santo e Bahia, e rua dos Guaicurus com Avenida do Contorno – o imóvel, que inclui dois prédios (Edifícios Álvaro da Silveira e Arthur Guimarães) tombados nas instâncias estadual e municipal, tem cerca de 25.000 m².

O complexo será reformado para receber até 70 varas do Tribunal Regional do Trabalho de Minas Gerais (TRT-MG). O vencedor da licitação aceitou o valor de R\$ 86.118.120,84 para a execução dos trabalhos de demolição e reforma dos Edifícios Álvaro da Silveira (AS) e Arthur Guimarães (AG), além da construção de um Edifício Acesso para interligação entre os dois existentes. Na Figura 2 (a) e (b) são apresentados, respectivamente, os edifícios atuais e o modelo virtual da reforma.



Figura 2 – Obra da antiga Escola de Engenharia da UFMG:

(a) edifícios Arthur Guimarães e Álvaro da Silveira atualmente; (b) modelo virtual da reforma.

Fonte: Associação dos Magistrados da Justiça do Trabalho da 3ª Região - AMATRA3 (2016).

Um dos pré-requisitos contratuais da licitação foi a necessidade de apresentar cronogramas físicos financeiros condizentes com o processo executivo do empreendimento. As cláusulas contratuais, estabelecidas pelo órgão contratante, impediam o pagamento da etapa caso um ou mais serviços, dos 27 previstos até aquela etapa, não estivessem concluídos. Dessa forma, era necessário criar cronogramas que refletissem o processo executivo e que melhor atendessem às necessidades de construção do empreendimento no prazo previsto.

4.1 Cronograma da equipe de construção

O cronograma físico financeiro preliminar, contendo 30 etapas para execução dos 27 itens acordados contratualmente, foi apresentado pela Contratada e aprovado pelo Contratante. Através dos índices fornecidos pela TCPO e consulta aos empreiteiros, a equipe de construção formada por 2 engenheiros seniores e 2 analistas de engenharia elaborou o Cronograma Álvaro da Silveira (C-AS), o Cronograma Arthur Guimarães (C-AG) e o Cronograma do Edifício Acesso (C-Acesso), cuja somatória dos valores e prazos concatenavam no Cronograma do Quarteirão 26 (C-Q26).

Durante o planejamento, priorizaram-se os itens licitados de maior valor, como Elétrica, Equipamentos e Revestimento. Para simplificar o processo de associação do dispêndio financeiro ao longo das etapas, a equipe distribuiu o valor de cada item estimando suas durações através da experiência e do risco decorrente da falta de informação. Por conta do pouco tempo disponível e do caráter preliminar do cronograma, não foram utilizados *softwares* de planejamento para gerar histogramas de mão de obra direta e a definição das equipes ocorreria no futuro, em momento oportuno, à medida que surgisse a necessidade da execução das atividades propostas.

Ao criar o gráfico de avanço físico financeiro de acordo com o cronograma apresentado, foi possível identificar que a execução do empreendimento Q26 concentrava 50% dos aportes financeiros entre as etapas 20 e 29. Este formato de execução e pagamento poderia inviabilizar o aporte de recursos durante os primeiros 20 meses de obras, resultando em atrasos na execução de atividades e no pagamento das etapas. Além disso, a existência de picos de produção em momentos diferentes do empreendimento implicaria na variação dos histogramas de mão de obra direta.

Ao focar na execução de atividades pesadas, a fim de terminá-las no menor prazo possível, o planejamento apresentou concorrência por exemplo com os serviços de instalação de bancadas e forro de gesso. Para concluir as atividades na programação proposta, seria necessário o trabalho entre equipes distintas nas mesmas frentes de serviço, podendo incorrer em improdutividade por conta de interferência e eventuais atrasos.

O cronograma físico financeiro do edifício Álvaro da Silveira foi construído com base nos macros quantitativos apresentados na proposta de licitação. As durações dos itens, como execução de Alvenarias, foram estabelecidas com base na experiência dos profissionais e dos índices da TCPO. Por não haver segmentação suficiente dos quantitativos, não foi possível levar em conta as peculiaridades da obra, como a disposição das equipes ao longo do edifício, a improdutividade por conta da movimentação excessiva dentro do canteiro de obras ou a necessidade de montagem e desmontagem frequente de andaimes.

Os serviços programados no edifício Álvaro da Silveira consideravam um grande

aporte inicial de recursos por conta das atividades relacionadas com os itens Demolição, Estruturas, Alvenarias, Esquadrias, Pavimentação, Ar Condicionado e Estrutura Elétrica. A proposta de finalizar serviços pesados da construção civil no início da obra ao invés de dilatar as atividades no tempo criou não-conformidades de construção e interferência entre equipes de trabalho. Além disso, finalizar atividades de Forros e Bancadas antes dos Revestimentos, Alvenarias e Instalações Elétricas e Hidráulicas estarem concluídas, força o retrabalho das equipes futuras por conta de cuidados extras com limpeza e eventuais demolições nas respectivas frentes de serviço. Por fim, a existência de múltiplos andares, para execução concomitante de atividades dependentes, dificulta o avanço físico na formatação prevista por conta do fluxo de material necessário no empreendimento. Um possível atraso na retirada de material ou na entrega das esquadrias resultaria em atraso nos pagamentos das etapas relacionadas.

Como pode ser observado na Figura 3, embora o dispêndio financeiro até a 13ª etapa seja de 52,62%, as atividades enumeradas representam 35% do total do projeto para este mesmo período. Não há, portanto, necessidade física ou operacional para justificar a finalização antecipada das mesmas. Na formatação prevista, os primeiros 13 meses de obra, que correspondem às etapas 1 a 13, concentram avanços mensais superiores ao restante da obra. A falta de um histograma de mão de obra impossibilita visualizar o regime de contratação, entretanto, com base nos índices e preços da construção civil fornecidos pela TCPO, é possível atribuir mais da metade da mão de obra direta para esse mesmo período.

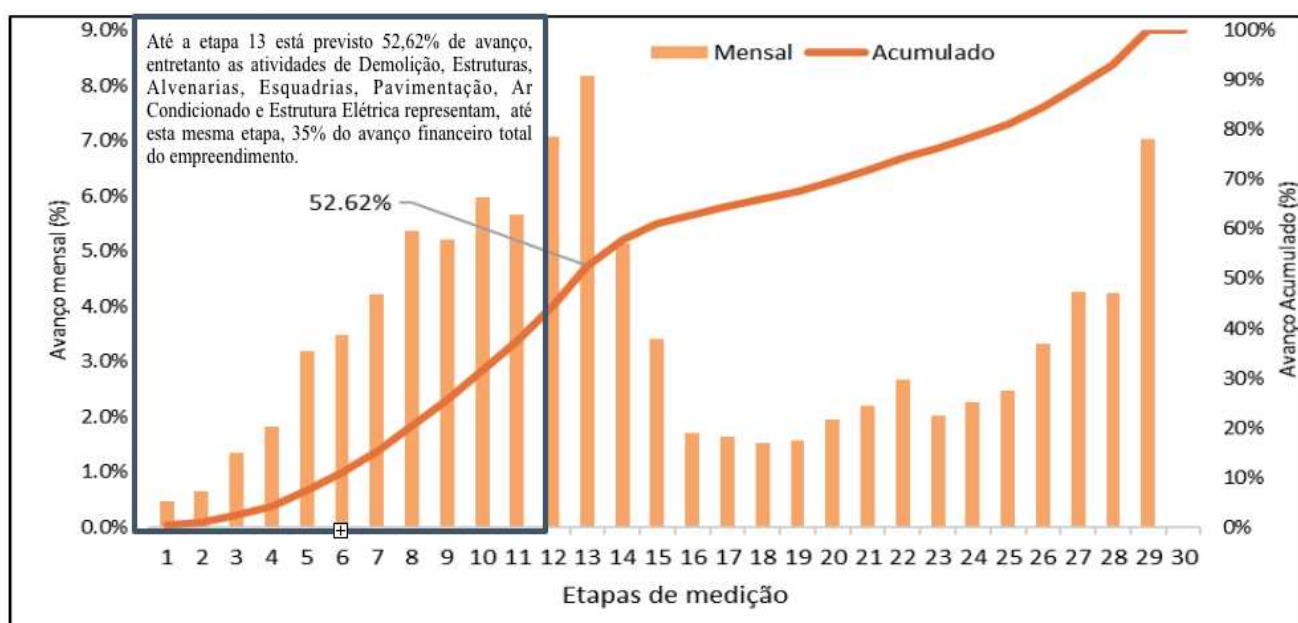


Figura 3 – Dispêndio financeiro para o edifício Álvaro da Silveira.

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2 Cronograma baseado na linha de balanço

A necessidade de cronogramas financeiros que refletissem o método executivo proposto requisiu maior detalhamento das atividades durante a confecção do planejamento. Por se tratar de um empreendimento no qual a maioria das tarefas seriam repetidas ao longo dos andares nos diferentes edifícios, foi utilizado o método da linha de balanço para construção dos cronogramas. A premissa tomada foi que o aumento na segmentação dos dados pode facilitar a construção de uma programação de atividades mais realista. Dessa forma, o planejamento foi dividido em 3 etapas, sequenciamento de atividades, definição do prazo de execução e a divisão dos preços de cada item no cronograma físico financeiro.

Primeiramente foi estabelecido o sequenciamento das atividades que seriam executadas em cada um dos edifícios. Através dessa tarefa define-se o sequenciamento lógico de construção a ser empregado no canteiro de obra pelas frentes de serviço e então é estabelecida a divisão dos pacotes de serviços por prédios, andares e zonas. Para melhorar o entendimento do planejamento para as equipes de construção, os 27 itens licitados foram sequenciados e representados de forma gráfica. Dessa forma, ao aumentar a transparência dessa etapa, foi possível resgatar a experiência de diversos profissionais para elaborar um cronograma mais próximo da realidade.

Uma vez definida a sequência das atividades que se repetiriam ao longo dos andares ou zonas, é necessário quantificar o escopo de serviço para definição do prazo de entrega de cada um dos empreendimentos. Por sua vez, a duração de cada uma das atividades é uma relação entre a quantidade de serviço que precisa ser executada e a produtividade média que um trabalhador alcança durante sua execução. Dessa forma, quanto maior o nível de segmentação dos quantitativos (prédio, pavimento, zona ou ambiente) maior é a assertividade quanto ao prazo para execução das atividades, possibilitando a atribuição de diferentes equipes de trabalho e etapas de serviço em um mesmo andar.

Por fim, resta a divisão dos valores licitados ao longo das 30 etapas de forma a refletir o processo construtivo. A partir do conhecimento do custo unitário, da quantidade e da duração de cada item em cada pavimento, é possível relacionar o avanço físico com os pagamentos de cada etapa ao longo da construção do empreendimento. Como a metodologia de construção proposta evita o uso de frentes de serviço iguais em diferentes pavimentos ao mesmo tempo, os itens licitados têm sua duração dilatada quando comparado com uma programação convencional de atividades, diminuindo os riscos de não pagamento das etapas por atraso.

Por conta da complexidade das tarefas e a fim de melhorar o entendimento das três etapas do planejamento desta metodologia de construção de cronogramas, os próximos subitens elencarão os passos seguidos durante o estudo de caso para obtenção do sequenciamento, dos prazos e da divisão dos custos.

4.2.1 Sequenciamento das atividades

A partir dos itens apresentados na planilha de licitação foi proposta uma sequência de execução para atender aos meios de produção disponíveis. A sequência criada e apresentada na Figura 4 foi utilizada para todos os pavimentos e edifícios. Quando em um pavimento ou empreendimento não existe a necessidade de execução de certa atividade da sequência, passa-se para a próxima. A seguir apresentam-se as considerações feitas para cada um dos itens.

As atividades de demolição levavam em conta demolição de lajes, vigas, pilares, alvenarias, piso e fachadas. Este item foi escolhido como o primeiro, dentre todos os serviços a serem medidos, por conta do fluxo de material que precisava ser retirado do empreendimento.

As atividades de elétrica que são divididas em infraestrutura e cabeamento, ocorrem em momentos diferentes do processo construtivo. Por conta disso, foram separadas no momento de representação gráfica. O mesmo aconteceu para as instalações hidráulicas, ar condicionado e combate ao incêndio.

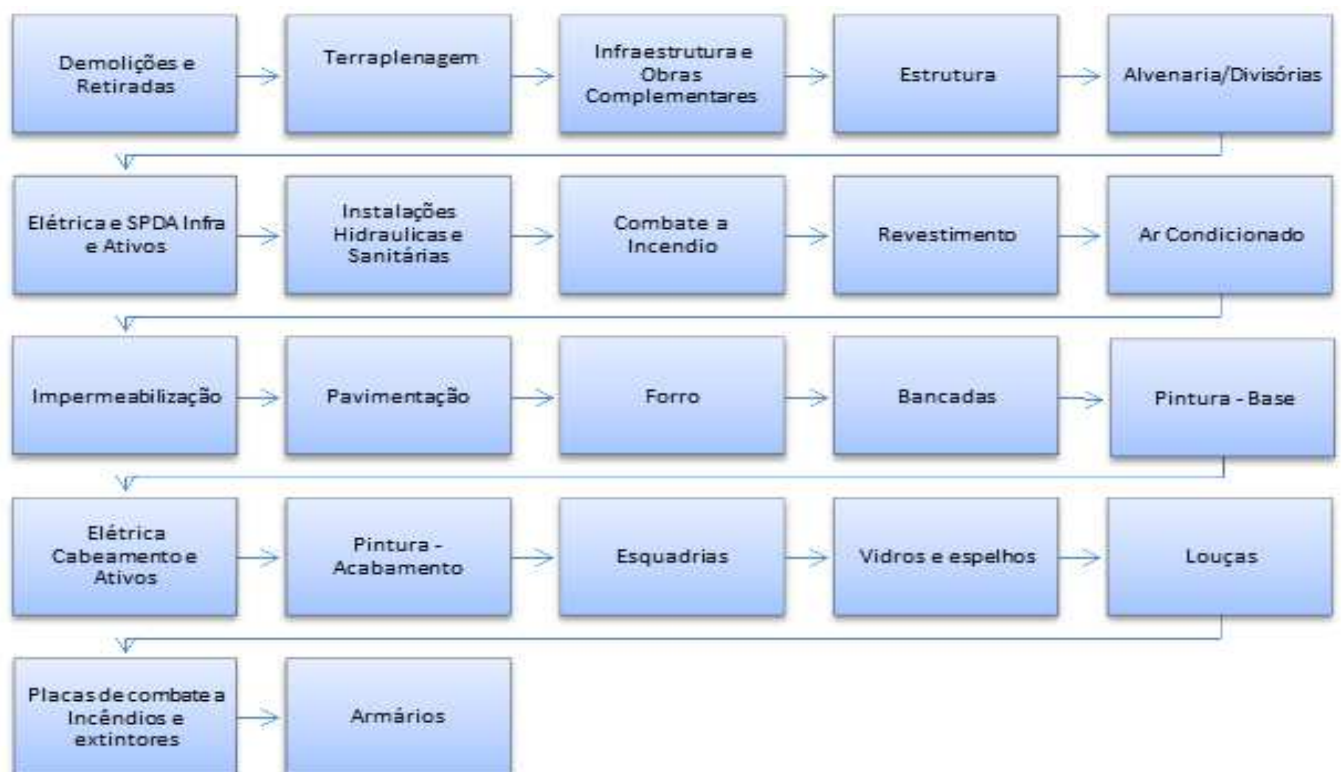


Figura 4 – Sequência de execução das atividades.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O item Revestimentos contempla as atividades de chapisco, reboco e colocação de cerâmicas internas, externas e de fachada. Os serviços relacionados à fachada por não dependerem da sequência apresentada, foram separados.

4.2.2 Definição dos prazos

Ao definir uma sequência lógica de construção em cada um dos ambientes é possível estabelecer prazos para início e fim de cada item em cada pavimento. A segmentação da quantidade de serviço por pavimento possibilita dimensionar a equipe ideal para finalizar cada andar com a duração necessária. Como os pavimentos são parecidos e contemplam quantidades similares, o planejamento da execução das atividades de acordo com a sequência construtiva resulta em realizar sistematicamente diferentes trabalhos em um mesmo local, ou a mesma atividade em diferentes pavimentos.

O edifício Álvaro da Silveira possui 12 pavimentos para reforma, contendo atividades de demolição e construção de estruturas, alvenarias, pisos, forros e armários. Todos os pavimentos foram divididos em 4 zonas, a fim de evidenciar em qual delas cada uma das atividades estaria ocorrendo. A demolição desta edificação inicia-se no último pavimento na primeira etapa e finaliza no térreo na etapa 8. A execução das estruturas em concreto, como pilares, vigas e lajes serão iniciados logo em sequência com maior duração para as seguintes, a fim de aumentar o tempo entre a concretagem e a atuação das cargas previstas.

As alvenarias, instalações hidráulicas/sanitárias e elétricas por vezes são executadas no mesmo pavimento, embora em zonas diferentes. No 12º pavimento, por exemplo, nas zonas 1 e 2 ocorrem primeiramente a construção das alvenarias, depois as instalações hidrossanitárias e por fim as infraestruturas de elétrica, nas etapas três, quatro e cinco respectivamente.

Uma vez relacionada a duração dos itens licitados, é necessário segmentá-los para alcançar maior assertividade entre o cronograma físico e financeiro. Como um pavimento pode se distinguir do outro, surge uma ineficiência do processo que é a impossibilidade de identificar visualmente a produção estimada para aquela etapa. A demolição, por exemplo, pode contemplar as atividades de demolição de alvenarias e de bancadas. Supondo que a primeira atividade é menos onerosa, pavimentos que possuam mais bancadas e menos alvenarias para serem demolidas podem ter a mesma duração no gráfico, mas não significa que os custos são iguais. Neste caso, é necessário estratificar os quantitativos para dimensionamento dos custos daquele pavimento.

4.2.3 Dimensionamento dos custos

Embora a linha de balanço tenha sido útil para definir o ritmo de produção e a duração das atividades, para relacionar o avanço financeiro com o avanço físico será necessário estratificar os quantitativos no mesmo nível de detalhamento da duração proposta. Supondo que o custo do Item Demolição para todo o empreendimento tenha sido licitado ao valor de R\$10 milhões e que essas atividades estejam planejadas para terminar no final

do quarto mês, então até a 4ª Etapa de pagamento todo este montante terá sido quitado. Sendo assim, para estratificar os custos por etapa é necessário conhecer a quantidade de cada um dos subitens da atividade de Demolição planejados em cada mês.

Com base nos gráficos de linha de balanço é possível identificar onde e quando cada uma das atividades sequenciadas será executada em cada etapa, resta definir quanto cada uma delas representa do total.

Através da leitura dos projetos licitados, os quantitativos foram segmentados por tipo e por pavimento. Ao multiplicá-los pelo seu custo unitário obtém-se o custo total deste item para cada pavimento e os gráficos de linha de balanço possibilitam a associação do avanço físico em cada etapa com o custo dos serviços executados. Este passo permite a visualização financeira da linha de balanço para cada um dos itens licitados. Nas Tabelas 1 e 2 é possível visualizar as etapas utilizadas para segmentar as atividades relacionadas às alvenarias.

	Chapisco (m²)	Emboço (m²)	Reboco paulista (m²)	Ceramica classe A (m²)	Barrado em granito (m²)	Total por Pavimento
1º Pavimento	R\$ 5,366.99	R\$ 9,668.43	R\$ 35,256.04	R\$ 17,185.54	R\$ 35,336.33	R\$ 102,813.33
2º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
3º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
4º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
5º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
6º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
7º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
8º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
9º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
10º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
11º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
12º Pavimento	R\$ 2,527.57	R\$ 6,572.24	R\$ 16,509.02	R\$15,591.61	R\$7,247.03	R\$ 48,447.47
Sub total	R\$ 33,170.21	R\$ 81,963.08	R\$ 216,855.25	R\$ 188,693.30	R\$ 115,053.71	R\$635,735.54

Tabela 1 – Custos, segmentados por tipo e pavimento, para execução dos serviços relacionados com o item Alvenarias

Fonte: Elaborada pelos autores.

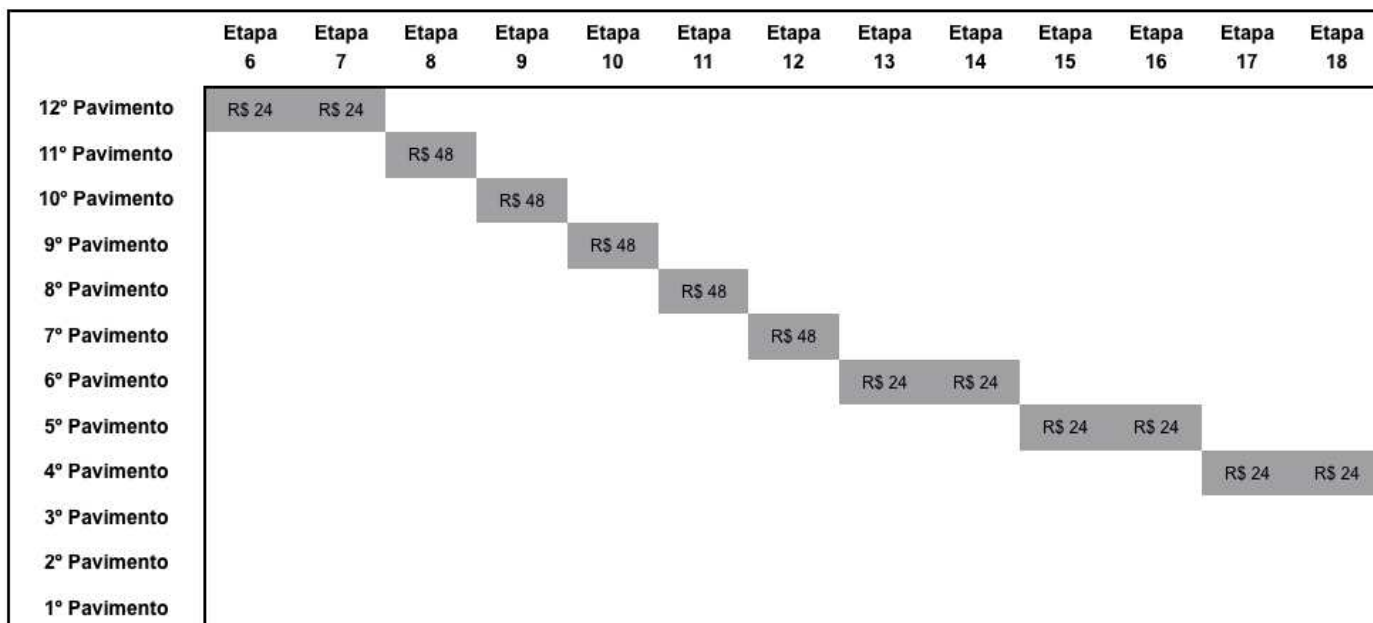


Tabela 2 – Linha de balanço financeira do item Alvenarias (valor em milhar)

Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado da repetição dos passos para todas as atividades dos edifícios são os cronogramas físico financeiros. Quando o gráfico referente ao cronograma do empreendimento como um todo é analisado (Figura 5) e os dois planejamentos são comparados, aquele proposto inicialmente pela equipe e o criado através da linha de balanço, é perceptível a melhora por conta da diluição dos dispêndios ao longo das etapas. Este resultado foi obtido através da somatória de mudanças na edificação, ao corrigir inícios antecipados das atividades e aumentar suas durações.

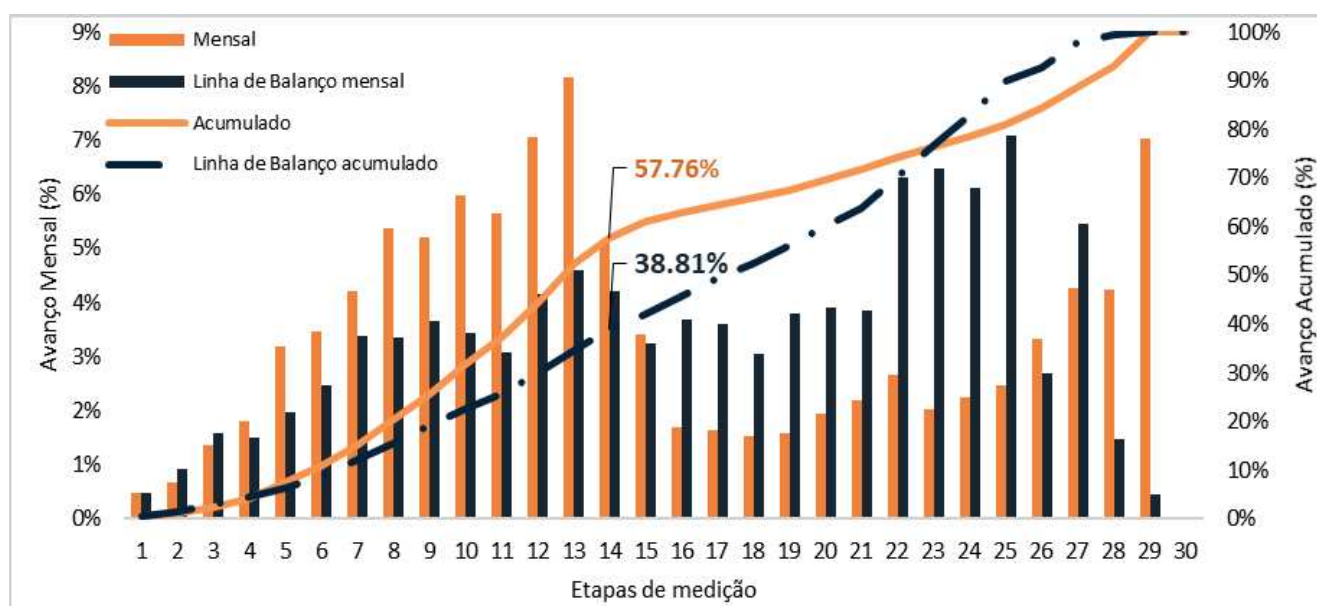


Figura 5 – Novo dispêndio financeiro para o Edifício Álvaro da Silveira.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O novo planejamento para o edifício Álvaro da Silveira apresenta dilatação do avanço físico e financeiro dos primeiros meses ao longo das demais etapas. As principais atividades postergadas foram aquelas relacionadas aos itens de Pavimentação, Esquadrias, Revestimento, Impermeabilização, Forro e Ar Condicionado. Dessa forma, o avanço financeiro acumulado até a 14ª etapa será 38,81%, contra os 57,76% previstos inicialmente. Além disso, a procura por informações detalhadas dos quantitativos nos projetos evidenciou uma diferença, a maior, de aproximadamente R\$ 5,6 milhões de reais entre a lista de quantitativos licitados e os levantados.

5 | CONCLUSÃO

Diante de um cenário de retomada lenta de novas licitações públicas para o setor da construção civil, é fundamental que o planejamento físico esteja alinhado com o dispêndio financeiro. Além da técnica de linha de balanço ter permitido planejar e entender melhor a execução de obra, foi possível automatizar o processo de criação do cronograma físico financeiro por meio do uso de planilhas. À medida que os quantitativos são segmentados, melhor se torna a aderência entre a construção e as etapas de pagamento. Dessa forma, o uso de planejamentos mais realísticos permite elaborar propostas de menor risco econômico e possibilita que a equipe de construção foque nas frentes de serviço que atendam tanto aos prazos quanto à rentabilidade do empreendimento.

Embora a segmentação dos dados tenha sido efetiva para aprimorar a relação do avanço físico com o dispêndio financeiro, há no planejamento apresentado pouco espaço para melhoria por meio da automatização das tarefas. Uma vez entendido que a quebra das informações em mais níveis agrega valor ao planejamento, é necessário utilizar um método que possibilite que a segmentação dos dados ocorra de forma independente do critério de planejamento adotado, sendo assim será possível alterá-los conforme as necessidades do planejador.

Fica a cargo de estudos futuros analisar a possibilidade de sanar esta adversidade por meio dos bancos de dados dos modelos virtuais oriundos da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção). Assim, será possível exportar as informações dos elementos virtuais representados para os mais diversos usos, como o planejamento das atividades por meio da metodologia de linha de balanço de acordo com o nível de detalhamento e de maturidade do projeto. Dessa forma, para elaborar o cronograma físico financeiro, será necessário apenas relacionar o preço de cada unidade de insumo que foi consumido por período, tarefa já realizada neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABAURRE, MARIANA WYSE. **Modelos de contrato colaborativo integrado para modelagem da informação da construção**/ M.W. Abaurre. São Paulo, 2014, 186p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil.

Associação dos Magistrados da Justiça do Trabalho da 3ª Região - AMATRA3, 2016. Disponível em: <www.amatra3.com.br>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

BIOTTO, C.; FORMOSO, C.; ISATTO, E. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS – Brasil. v. 15, n. 2, p. 79-96, abr./jun. 2015.

BRASIL. DECONCIC – Departamento da Indústria da Construção/ FIESP. **Construbusiness 2016**. 9º Congresso Brasileiro da Construção. São Paulo: 2016. 140p.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Acesso em: 25 de out. 2016. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.html

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS – Brasil. v. 15, n. 4, p.203-223, out./dez. 2015.

CASTRO, J. E. E.; ROQUE, R. F.; ROSA, G. S.; BONFIN, N. S. Custos administrativos na construção civil: estudo de caso. 1997. Acesso em 01/05/2020. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1997_T7215.PDF

COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil** (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COELHO, R. S. A.; **Orçamento de obras na construção civil**./São Luís: Edição do Autor, 2016.

FORMOSO, T. C. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

HAMZEH, F., BALLARD, G., & TOMMELEIN, I. D. *Rethinking lookahead planning to optimize construction workflow*. **Lean Construction Journal**, 2012, 15-34. Recuperado em 20 outubro de 2018, de http://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/2012/LCJ_11_008.pdf.

KENLEY, R; SEPPÄNEN, O. **Location-based management system for construction**: improving productivity using flowline. Londres, Editora Spon Press, 2010.

KOSKELA, L. (1992). *Application of the new production philosophy in Construction* (**CIFE Technical Report**, No.72). Salford: Center for Integrated Facility Engineering.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. *Is Construction Planning Really Doing Its Job? A critical examination of focus, role and process*. **Construction Management and Economics**, v. 5, n. 5, p. 243-266, 1987.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997.

LUMSDEN, P. (1968). The Line-of-Balance method. Pergamon Press Limited: Industrial Training Division, London, 71.1968 *apud* KENLEY, R; SEPPÄNEN, O. **Location-based management system**

for construction: improving productivity using flowline. Londres, Editora Spon Press, 2010.

MAGALHÃES, R. M., MELLO, L. C., BANDEIRA, R. A.; Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2018 <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X2079-15>.

NUNES, W. C. G.; FREIRE, A. E. **Auditoria de projetos: a análise econômica das obras públicas**. IN: VII Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas. Distrito Federal, 2002.

TOLEDO, R.; ABREU, A.F.; JUNGLES, A.E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ANTAC, 8., 2000 SALVADOR. **Anais...** Salvador: 2000.

VARGAS, C. L S.; VARGAS, L. M. Planejamento de atividades repetitivas em obras de construção civil utilizando a técnica da linha de balanço e programas de gerenciamento de projetos: um estudo de caso. **Anais do XIX Simpósio de Engenharia de Produção, Baurú, SP, Brasil**, 5 a 7 de novembro de 2012.