

ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS LEAN CONSTRUCTION E ADVANCED WORK PACKAGING EM UMA OBRA DE ALTEAMENTO DE BARRAGEM DE REJEITO DE MINÉRIO

A Case Study on the Application of Lean Construction and Advanced Work Packaging (AWP) in a Tailings Dam Raising project

Mariana Sepulcri Basilio

Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, MG | marianabasilio27@gmail.com

Paulo Roberto Pereira Andery

Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, MG | pandery@ufmg.br

RESUMO

A demanda por bons processos de planejamento e de gestão mais confiáveis em obras industriais de maior complexidade tem crescido muito nos últimos anos. As falhas significativas registradas em projetos de construção evidenciaram a necessidade de explorar novos conceitos e métodos para aprimorar o desempenho desses empreendimentos. Neste contexto, a partir de uma perspectiva de introdução de conceitos de *Lean Construction*, os modelos de planejamento *lean* têm adotado conceitos e ferramentas do *Advanced Work Packaging (AWP)*, que teve origem em pesquisas conjuntas entre o *Construction Owners Association of Alberta (COAA)* e o *Construction Industry Institute (CII)*. Este trabalho apresenta um estudo, em caráter introdutório, da aplicação da AWP, no contexto de implementação de conceitos e ferramentas de *Lean Construction*, em uma obra de alteamento à jusante de uma barragem de rejeito de minério, focando nas principais ferramentas implementadas na prática. Como procedimento metodológico foi realizado estudo de caso, incluindo análise de documentos de projeto, documentos de planejamento, observações diretas em campo e questionários respondidos pelas equipes envolvidas com o planejamento e controle da produção. O trabalho descreve a implementação do AWP e são discutidas as principais dificuldades na aplicação e forma como os princípios e ferramentas foram integrados na obra em questão. Desse modo, este estudo contribuiu ao fornecer uma visão sobre a maturidade e os desafios de implementar o AWP em um projeto de infraestrutura complexo. Entre outros aspectos, os resultados destacam a necessidade de uma mudança cultural, que permita o engajamento dos principais agentes envolvidos, a importância da introdução de ferramentas de modelagem da informação e a integração entre as etapas de projeto e execução.

Palavras-chave: *Lean Construction; Advanced Work Packaging; Last Planner System; Planejamento.*

ABSTRACT

The demand for reliable planning and management processes in complex industrial construction projects has significantly increased in recent years. Major failures recorded in construction projects have highlighted the need to explore new concepts and methodologies to enhance project performance. In this context, from the perspective of introducing lean construction principles, lean planning models have increasingly incorporated concepts and tools from Advanced Work Packaging (AWP), which originated from joint research conducted by the Construction Owners Association of Alberta (COAA) and the Construction Industry Institute (CII). This introductory study examines the application of AWP within the framework of implementing lean construction principles in a downstream-raising project of a mining tailings dam, focusing on the primary tools implemented in practice. The research follows a case study methodology, including project document analysis, planning documentation review, direct field observations, and questionnaires completed by teams involved in production planning and control. The study describes the AWP implementation process and discusses the main challenges encountered, as well as how concepts and tools were integrated into the project. This research contributes by providing insights into the maturity level and challenges of adopting AWP in a complex infrastructure project. Among other findings, the results underscore the necessity of a cultural shift to foster engagement among key stakeholders, the importance of integrating information modelling tools, and the need for seamless coordination between project design and execution phases.

Keywords: *Lean Construction; Advanced Work Packaging; Last Planner System; Planning.*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil pesada envolve obras de grande porte como barragens, usinas hidrelétricas, pontes, estradas e ferrovias. Por configurarem ambientes complexos e dinâmicos, um bom planejamento e gestão são essenciais para garantir equilíbrio financeiro adequado e atender às expectativas dos interessados no projeto.

Diante desse cenário, as empresas responsáveis por esses projetos têm exigido, cada vez mais, novas abordagens de planejamento e gestão para tornar os processos mais precisos e dinâmicos, permitindo uma avaliação em distintos níveis de detalhe do planejamento de curto, médio e longo prazo. Assim, diante da busca por novos conceitos e métodos para melhorar o desempenho desses empreendimentos, surgem o *Lean Construction* e *Advanced Work Packaging* (AWP) (Rebai *et al.*, 2023).

O *Lean Construction* tem como objetivo maximizar o valor gerado ao cliente ao eliminar atividades que não agregam valor, como retrabalhos e esperas. De modo complementar, o AWP visa uma coordenação mais eficiente das atividades de engenharia, suprimentos e construção, garantindo que as frentes de trabalho sejam alimentadas de forma contínua e organizada. A integração dessas metodologias se apresenta como solução promissora para enfrentar desafios de planejamento, execução e controle.

Neste contexto, este estudo, resultante do trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil de um dos autores, avaliará a aplicação das duas metodologias em uma obra de alteamento à jusante de uma barragem de rejeito de minério no Brasil. A análise focou em como essas abordagens foram utilizadas para otimizar o fluxo de trabalho, melhorar a comunicação entre as equipes e aumentar a produtividade ao longo do processo construtivo.

1.1 LEAN CONSTRUCTION

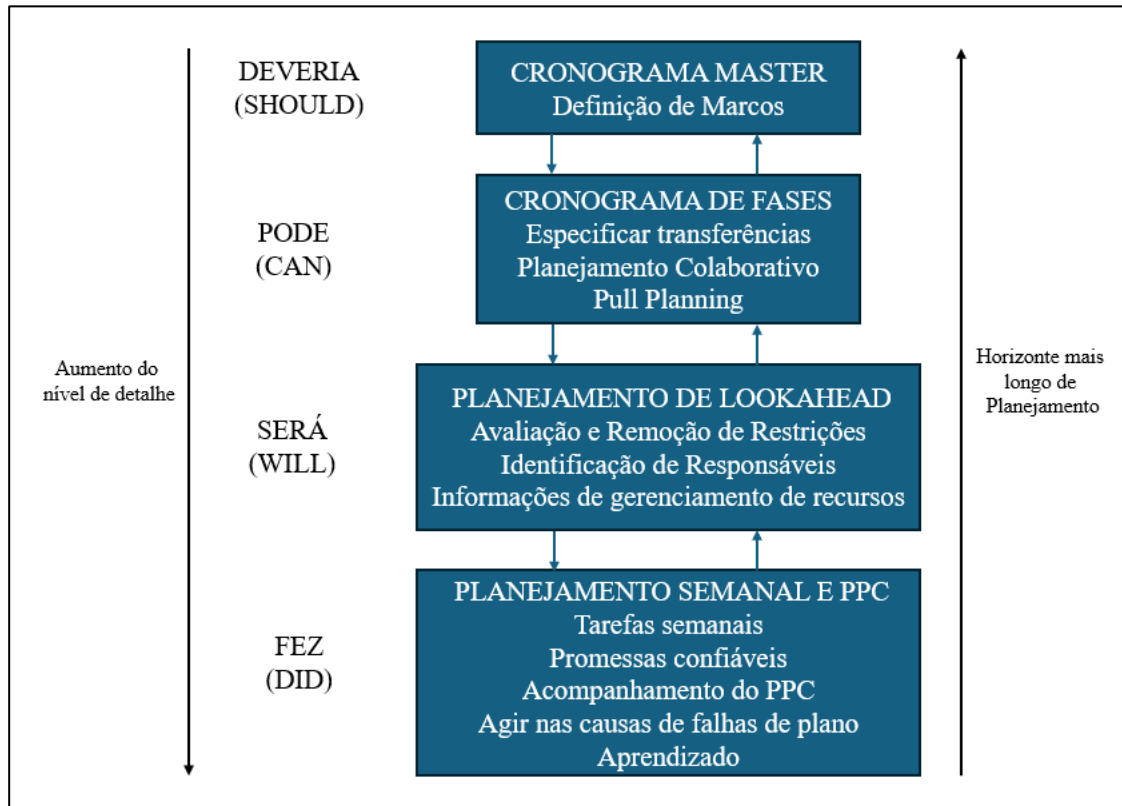
No cenário de projetos complexos, incertos e rápidos, que exigem prazos curtos e adaptação constante, o *Lean Construction* surgiu inspirado nas práticas de produção da Toyota, desenvolvidas por Taiichi Ohno no Japão em meados do século XX, denominadas *Lean Production*, ou produção enxuta.

Segundo Howell (1999), a metodologia propõe o gerenciamento eficaz da parte física da produção, dos efeitos da dependência e da variação nas cadeias de suprimentos e de execução, aspectos essenciais para a entrega dos projetos no menor tempo possível.

Para a implementação do *Lean*, foram desenvolvidas várias ferramentas, sendo a principal o *Last Planner System* (LPS), ligado ao planejamento e controle da produção. O LPS pode ser definido como um sistema que visa aumentar a confiabilidade do planejamento e, assim, melhorar o desempenho do projeto (Ballard; Hamzeh; Tommelein, 2007).

Este sistema se organiza em níveis conforme o horizonte de planejamento, a começar pelo cronograma master, seguido de um cronograma de fase detalhado. Posteriormente, desenvolve-se um planejamento de *look ahead* com análise de restrições. A última etapa envolve a elaboração de um plano de trabalho semanal e o acompanhamento do progresso das atividades pelo Percentual de Planos Concluídos (PPC) (Ballard; Hamzeh; Tommelein, 2007), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: O ciclo de planejamento Last Planner



Fonte: Adaptado de Ballard, Hamzeh e Tommelein (2007).

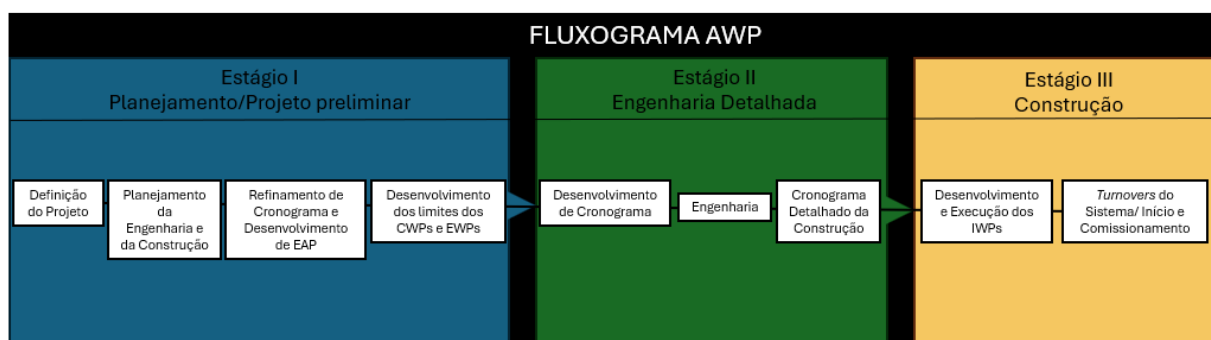
1.2 ADVANCED WORK PACKAGING

O *Advanced Work Packaging* (AWP) surgiu de uma investigação conjunta realizada por um time de pesquisa, o RT 272, composto por membros do *Construction Industry Institute* (CII) e do *Construction Owners Association of Alberta* (COAA). A metodologia consiste em uma estrutura de detalhamento de projeto que aborda um planejamento organizado, alinhando construção, engenharia e suprimentos desde a fase de planejamento preliminar (Calabrese; Camaioni; Piervincenzi, 2019).

Segundo Pellegrino (2017), o planejamento inicial do projeto, no processo AWP, deve estabelecer a coordenação entre as equipes para o desenvolvimento de Pacotes de Trabalho de Engenharia (Engineering Work Packages – EWP’s) e Pacotes de Trabalho de Construção (Construction Work Packages – CWP’s). Esses pacotes devem ser subdivididos em Pacotes de Trabalho de Instalação (Installation Work Packages – IWP’s). Ademais, algumas empresas evidenciam a aplicação de divisões de Áreas de Construção (Construction Work Areas – CWA’s), áreas lógicas do empreendimento que englobam as disciplinas envolvidas.

No estudo realizado pelo COAA em parceria com o CII idealizou-se um modelo de implementação do processo de AWP para a coordenação dos pacotes dividido em três etapas, conforme representado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do método AWP



Fonte: Adaptado de CII e COAA (2013).

O primeiro estágio se refere ao Planejamento/Projeto preliminar, no qual é necessário a definição da sequência de construção e nível de detalhes do projeto. Esse estágio engloba a especificação de pacotes de trabalho de construção e sua sequência executiva. Ademais, os pacotes de trabalho de engenharia devem ser desenvolvidos para serem contidos em CWP's, e a execução da engenharia deve ser planejada para dar suporte à construção (CII; COAA, 2013).

O Estágio II consiste na Engenharia detalhada, fase em que se desenvolve um cronograma mais completo do projeto, além de construir os planos do Estágio I alinhando as entregas de engenharia com os requisitos de construção (Hood; Isatto; Formoso, 2019).

Finalmente, o terceiro estágio refere-se à etapa de construção, no qual devem ser criados os pacotes de instalação e gerenciados pela coordenação de documentos, emissões e controle no campo, e, posteriormente, encerrados.

2 MÉTODO

A coleta de dados para este estudo de caso exploratório baseou-se na condução de entrevistas com as equipes da obra, na observação direta em campo e na coleta de documentos da obra. Ainda, foi possível a participação em reuniões multidisciplinares da obra. Os principais arquivos analisados foram cronogramas, planilhas de acompanhamento de progresso e apontamento de atividades, apresentações estruturadas pela empresa e modelos 3D virtuais do projeto, conforme Tabela 1.

A combinação dessas abordagens garantiu uma análise abrangente, permitindo uma avaliação mais detalhada das práticas e desafios na aplicação das metodologias no projeto.

Tabela 1: Fontes de evidências para o estudo

PRINCIPAIS ARQUIVOS ANALISADOS	PARTICIPAÇÃO EM REUNIÕES
Cronograma Master da obra	Reunião de Contrato
Cronograma Master da obra com codificação AWP	Reunião de Planejamento Semanal
Modelo do Cronograma semanal	Reunião de Restrições – 6WLA
Planilha de acompanhamento de Percentual de Planos Concluídos	Check-in e Check-out
Modelo 3D do projeto com acompanhamento de restrições	Reunião interna de indicadores
Modelo de Apresentação de reunião semanal de Contrato	Rodada Técnica
Modelo de Apresentação de reunião de Restrições	-
Planilha de Apontamento da Obra	-
Dashboard de Controle de Avanço de Obra	-
Reports diários enviados ao Cliente	-
Plano de ataque da obra	-

Fonte: Elaborado pelos autores

O empreendimento em questão refere-se ao alteamento à jusante de uma barragem de terra construída para conter rejeito de minério. A estrutura faz parte de um complexo minerador localizado no Brasil e pertence a uma empresa de mineração, que será denominada Contratante. Para a execução desta obra, a empresa contratou uma companhia especializada em obras de infraestrutura, que será denominada Contratada.

O projeto consiste em duas grandes etapas, sendo a primeira a realização de um tapete drenante, dreno de pé e ligação com o filtro horizontal da barragem existente. A segunda fase compreende o alteamento e extensão do filtro vertical. Além dessas atividades, durante o processo, a Contratada é responsável por realizar a escavação de material competente de algumas áreas de empréstimo e estocá-lo, temporariamente, nos locais indicados.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE LEAN CONSTRUCTION

No empreendimento em questão, os princípios do *Lean Construction* foram implementados desde o início da obra, com o objetivo de aprimorar o fluxo de produção, eliminar restrições, reduzir a variabilidade dos processos e promover um ambiente de trabalho mais transparente.

Para alcançar esses objetivos, foram adotadas diversas ferramentas, cada uma com um papel fundamental na melhoria contínua do projeto. Entre as práticas implementadas, destacam-se o *Last Planner System*, a Gestão à Vista e o 5S. Apenas o LPS será descrito com maior detalhe neste trabalho.

3.1.1 Last Planner System

As etapas do *Last Planner System* aplicadas na obra incluem a elaboração de planejamentos de curto, médio e longo prazo. Além disso, a fase de verificação e aprendizado tem sido incorporada, proporcionando uma avaliação contínua do progresso e a identificação de oportunidades para melhorias.

No início da obra foi elaborado o Cronograma Master, definido com base nos marcos contratuais e principais atividades a serem desenvolvidas. Para a construção do Cronograma Master foram empregados tanto o software MS Project, quanto o Primavera P6 e utilizou-se do CPM (Critical Path Method - Método do Caminho Crítico).

Para o planejamento de médio prazo, é utilizado o plano de 6WLA (Six-Week Look ahead), que se concentra na análise das atividades previstas para as seis semanas seguintes à data de avaliação. Nesta fase, todas as restrições potenciais são examinadas. O objetivo é identificar e mitigar fatores que possam comprometer o andamento eficiente das tarefas planejadas, garantindo que os aspectos críticos sejam abordados antecipadamente para assegurar a fluidez do processo de construção.

Esse planejamento é atualizado semanalmente, a equipe realiza uma reunião interna e outra com a Contratante, nas quais são avaliadas as restrições pela metodologia 6M ou Diagrama de Ishikawa, que explora seis áreas: método, mão de obra, material, medida, meio ambiente e máquina. Durante as reuniões, são definidos os responsáveis por tratar cada restrição e o prazo de resolução.

Para a programação semanal, o setor de planejamento seleciona apenas as atividades que não apresentam restrição. Após essa definição, as informações são revisadas com a equipe de produção, responsável por executar as metas estipuladas.

No que tange ao planejamento diário, a responsabilidade pela condução recai sobre a equipe de produção. Nesse contexto, é realizada uma reunião de *check-in* e *check-out*, na parte da manhã, onde são desdobradas as metas, é feito um alinhamento com o time que irá atuar em campo, bem como há o acompanhamento se as atividades programadas foram efetivamente concluídas. Participam deste encontro as equipes multidisciplinares da Contratante e da Contratada.

O acompanhamento do progresso das atividades é feito semanalmente através da utilização do PPC (Percent Plan Complete - Percentual de Planos Concluídos), um dos principais indicadores do setor de planejamento. As atividades que não alcançaram a meta da semana são discutidas e desdobram-se as principais causas da falha, a fim de serem traçados planos de ação.

3.2 APLICAÇÃO DO AWP

A aplicação da metodologia AWP está em fase inicial de implementação na área em questão. No primeiro ano de obra, houve um treinamento de capacitação para os colaboradores do setor de engenharia para auxiliar no entendimento deste modelo. A partir disso, foi iniciada a estruturação dos processos referentes ao AWP.

3.2.1 Definição de CWA's, CWP's e IWP's

Inicialmente, a partir da análise das frentes de ataque da obra, foram definidas pela Contratada três diferentes áreas de atuação da primeira etapa, CWA's. A primeira foi referente à porção do tapete drenante na fundação da barragem e as demais referentes às áreas de empréstimo. Em cada CWA foram analisados os principais serviços presentes no local, sendo criados os pacotes de construção, CWP's.

Para a definição dos pacotes de construção foram observadas também as principais disciplinas de projeto. Na CWA referente ao tapete drenante, por exemplo, os CWP's foram divididos nas categorias de terraplenagem e instrumentação.

Posteriormente, cada CWP foi dividido em pacotes de instalação (IWP's), com duração máxima de, aproximadamente, 7 dias. Visando melhor acompanhamento do avanço do projeto, estes pacotes de instalação foram separados conforme a cota a ser atingida e material a ser utilizado. Após essa definição, montou-se um novo cronograma associado ao andamento dos IWP's.

3.2.2 Definição de EWP's

No caso deste empreendimento, a Contratante ficou responsável por definir os EWP's, pacotes de engenharia, e por consolidá-los. Essa decisão se deu pelo fato de que a Contratante é a responsável pelos projetos, enquanto a Contratada tem como escopo apenas a execução, mantendo somente contato indireto com as projetistas.

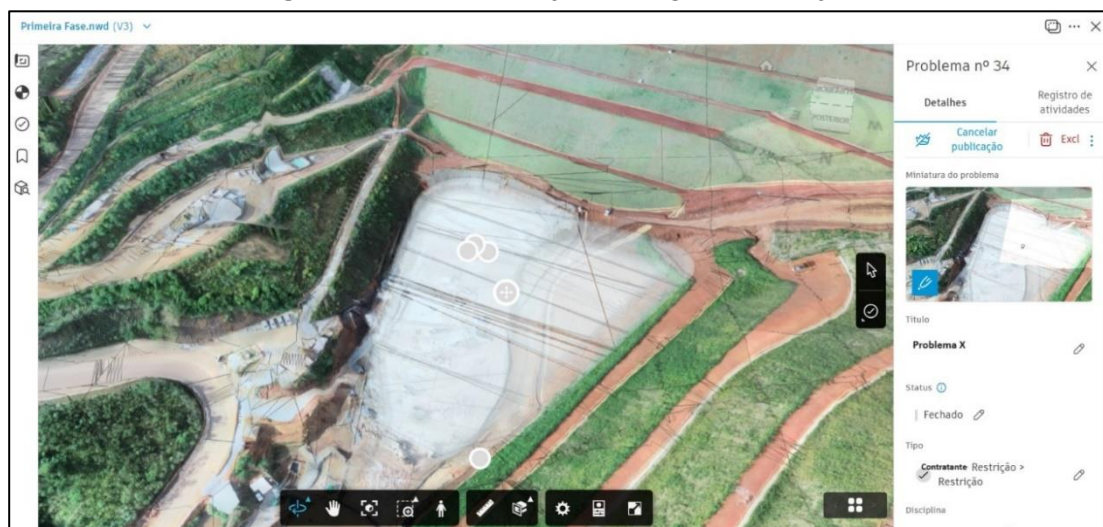
Em relação à cadeia de suprimentos, como a Contratante fornece os principais materiais, a gestão desses pacotes também ficou sob sua responsabilidade. Para a formulação dessa logística, a Contratada auxiliou com a disponibilização de um cronograma de consumo.

3.2.3 Associação dos pacotes de instalação com modelo de visualização 3D

Em adição aos itens já discutidos, a obra está realizando uma associação dos pacotes de instalação com um modelo de visualização 3D do projeto. Através desse modelo é possível observar características gerais do IWP em questão, como a nomenclatura, volume da camada de material, bem como categoria do material a ser utilizado na zona específica.

Além dessa funcionalidade, o gerenciamento de restrições também está sendo implantado pela associação do modelo 3D e AWP. Neste sentido, a equipe de planejamento consegue mapear e identificar no modelo o ponto onde está ocorrendo determinada restrição e designar o responsável por solucioná-la, conforme representado na Figura 3. Este mapeamento também é atualizado semanalmente conforme as reuniões de 6WLA e é apresentado à Contratante.

Figura 3: Modelo de Visualização 3D com gestão de restrições



Fonte: Adaptado de Material disponibilizado pela Contratada (2024).

4 DISCUSSÃO

A partir da análise da aplicação prática das metodologias *Lean Construction* e *Advanced Work Packaging* na obra estudada, percebe-se uma maturidade maior em relação ao emprego da primeira, com destaque para a ferramenta *Last Planner System*. Essa questão foi observada tanto nas atividades diárias da equipe de campo, como no conhecimento dos colaboradores acerca dos princípios da filosofia. No que diz respeito ao AWP, poucos funcionários compreendiam os conceitos, além de estar em uma fase inicial de implementação.

Adicionalmente, percebeu-se esforço maior por parte da equipe em reforçar o potencial das ferramentas de *Lean*, além de envolver todos os agentes a fim de aumentar a transparência e fluidez dos processos. Nessa perspectiva, a participação e exemplo das lideranças da obra são fatores essenciais para garantir a eficácia pretendida.

Um ponto de destaque é que desde o início da obra, os princípios de *Lean Construction* destacados anteriormente já vinham sendo aplicados, o que facilitou a familiarização da equipe com as rotinas e processos, além de auxiliar na consolidação dos princípios nos comportamentos individuais e coletivos. Ademais, alguns integrantes do time já tinham experiência prévia na utilização das ferramentas em obras anteriores.

Em contrapartida, o AWP passou a ser aplicado na obra, principalmente, devido às exigências da Contratante após vários meses do início do projeto. Foi possível observar maior dificuldade por parte dos colaboradores na compreensão e implementação da metodologia. Após entrevistas com a equipe do canteiro, avaliou-se que o principal gargalo na implementação efetiva do AWP é a falta de mão de obra especializada, além da questão dos colaboradores que atuam direto em campo apresentarem dificuldades na compreensão. As nomenclaturas um pouco extensas e não intuitivas e a complexidade da sistematização da metodologia figuram como pontos de resistência.

Outra questão significativa é que a Contratada proporcionou capacitação insuficiente no que se refere ao AWP, sendo realizado apenas um treinamento para o setor de engenharia no início da implementação. Assim, os conceitos ainda estão pouco difundidos e mais restritos aos engenheiros de planejamento. Nesse contexto, foi possível avaliar que a mentalidade do time ainda está levemente pautada na utilização devido à cobrança da Contratante e não na crença da eficácia da metodologia.

Um aspecto de crítica relatado pela equipe na implementação do AWP nesta obra é a pouca diversidade de disciplinas, que talvez não justificasse a utilização da metodologia. O AWP surgiu em projetos de petróleo e gás em Alberta (REBAI et al., 2023), que apresentam uma alta gama de equipes com escopos distintos e maior nível de detalhes. Observada essa origem, apesar da obra em questão ser complexa, o serviço majoritário é de terraplenagem, não havendo tanta necessidade de divisão de frentes com escopo altamente diversificado.

Um ponto de convergência na avaliação das duas metodologias é que, a fim de um aproveitamento maior dos benefícios trazidos pela aplicação, ambos *Lean Construction* e *Advanced Work Packaging* deveriam ser implementados desde a fase de planejamento e detalhamento dos projetos. Desse modo, a Contratante deveria ser responsável por adotá-los durante todo o ciclo de vida do empreendimento, fazendo-se valer dos princípios desde o início.

Ademais, apesar da aplicação das metodologias ser muito positiva à obra e ser uma forma de maior controle de um projeto complexo, se percebe uma tentativa de amenizar problemas causados pela falta de planejamento prévio e projetos pouco integrados, devido à urgência de começar e de concluir a obra. Dessa forma, as soluções muitas vezes apresentam ineficiência, interferências entre si e adversidades que acabam sendo solucionadas em campo. Essa questão dificulta o atingimento da eliminação de atividades que não agregam valor, como retrabalhos e esperas, além de prejudicar a coordenação mais eficiente das atividades de engenharia, suprimentos e construção. Apesar disso, verifica-se que o planejamento da obra, em comparação àquelas que adotam métodos tradicionais, é muito mais robusto e estruturado.

Finalmente, foi possível avaliar pontos de complementariedade e integração das metodologias que agregaram muito. Algo interessante, que está em processo de implementação, é a união entre o estágio III do AWP às etapas do LPS. A associação dos IWP's ao cronograma master, bem como à análise de restrições, permite à equipe de campo controlar as atividades não apenas pelo tipo/disciplina como foi dividido inicialmente, mas por cada pacote de instalação. Assim, como cada pacote foi limitado a um período máximo de duração próximo a sete dias e como foram associados ao avanço das cotas de terraplenagem, o acompanhamento do seu progresso traz uma precisão muito maior do que antes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como objetivo geral deste trabalho, avaliou-se aplicação dos conceitos e ferramentas de *Lean Construction* e *Advanced Work Packaging* (AWP) na execução de uma obra de alteamento à jusante de uma barragem de rejeito de minério. Em relação ao *Lean Construction* constatou-se uma maturidade maior na utilização do *Last Planner System*. No que diz respeito ao AWP notou-se que, apesar de estar em fase inicial de implementação, foram definidas as áreas de atuação (CWA's) e os pacotes de construção (CWP's) e de instalação (IWP's). Além dessa definição, observou-se, a partir dos pacotes, a elaboração de um cronograma e a análise de restrições com associação a um modelo 3D do projeto. Ademais, com as observações de campo e análises realizadas, notaram-se dificuldades na consolidação do AWP no empreendimento.

Finalmente, verificou-se que a implementação das duas metodologias em conjunto mostrou-se positiva à obra. Um dos principais benefícios reconhecidos com a utilização foi a transparência por parte da empresa em diversos aspectos, o que permite aos colaboradores maior compreensão dos processos e visibilidade da obra como um todo. Outro ponto relevante é o controle e acompanhamento mais precisos das atividades planejadas, que garante uma resolução mais rápida de eventuais problemas, além de assegurar que o projeto está dentro do andamento esperado. Adicionalmente, pôde ser constatado um gerenciamento preciso de restrições com avaliações semanais, o que garante o sequenciamento adequado das tarefas.

REFERÊNCIAS

- CALABRESE, Antonio; CAMAIONI, Marco; PIERVINCENZI, Giovanni. **Advanced Work Packaging in capital projects: A standardized model for EPC Contractors**. The Journal of Modern Project Management, v. 7, n. 3, 2019.
- CII; COAA. Joint Venture: CII/COAA RT 272. **IR272-2 volume 1: Advanced Work Packaging: Design through Workforce Execution**. The Construction Industry Institute, Austin, TX, 2013.
- HOOD, Eduarda da Silva Scott; ISATTO, Eduardo Luis; FORMOSO, Carlos Torres. **Sistema Last Planner X Advanced Work Packaging**. Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, v. 11, p. 1-7, 2019.
- HOWELL, Gregory A. **What Is Lean Construction**. Seventh Conference of the International Group for Lean Construction: Berkeley, California, EUA. 1999. p. 1–10.
- BALLARD, Glenn; HAMZEH, F. R.; TOMMELEIN, I. D. **The Last Planner System Workbook: Improving Reliability in Planning and Work Flow**. Lean Construction Institute, San Francisco, California, v. 81, 2007.
- PELLEGRINO, S. P. **Introduction to CII's Advanced Work Packaging : An Industry Best Practice**. Long International, Colorado, 2017.
- REBAI, Slim et al. **Lean Construction and AWP: Similarities, Differences, and Opportunities**. 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Lille, France, 2023. p. 1428-1439.