EVENTO ON-LINE
ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Da lição aprendida ao pacote de trabalho: abordagem híbrida com AWP, LPS, BIM e A3 na implantação de um canteiro de pré-fabricação de pontes

Raírio dos Santos Mota
Civil – Promon Engenharia LTDA
Angélica Regina Santos
SGI – EGTC Infra S.A.

Resumo: A baixa produtividade da construção civil tem motivado a adoção de métodos de planejamento derivados da construção enxuta, como o Advanced Work Packaging (AWP) e o Last Planner System (LPS), cuja aplicação integrada ainda é pouco documentada em obras de infraestrutura no Brasil. Este artigo analisa a aplicação combinada do AWP, do LPS, do BIM e do relatório A3 no planejamento de um canteiro de pré-fabricação de pontes executadas por lançamentos progressivos, a partir das lições aprendidas na implantação de um canteiro semelhante na margem oposta, que levou cerca de dez meses frente aos três previstos. Trata-se de um estudo de caso único, com características de pesquisa-ação, baseado em documentos, registros de reuniões e observação participante. As causas do atraso na primeira implantação foram estruturadas no A3 e convertidas em contramedidas: estratégia de construção e pacotes de trabalho definidos pelo AWP, sequenciamento semanal pela capacidade produtiva da atividade chefe, rotinas de remoção de restrições do LPS e modelo BIM codificado por pacote para comunicação com os encarregados. Os resultados mostram que o processo antecipou decisões de engenharia, revelou divergências de até 16,14% nas quantidades do planejamento e indicou, antes do início da obra, que a mobilização da mão de obra comprometeria o prazo pretendido, levando à contratação de equipe complementar. Conclui-se que o AWP pode ser aplicado a escopos de obras em andamento quando articulado ao LPS, e que seus benefícios dependem da qualidade das informações e da verificação técnica dos pacotes de suprimentos.

Palavras-chave: Advanced Work Packaging, Last Planner System, BIM, Gestão híbrida de projetos, Construção enxuta.

From lessons learned to work packages: a hybrid approach using AWP, LPS, BIM and A3 to set up a bridge prefabrication yard

Abstract: Low productivity in construction has encouraged the adoption of planning methods derived from lean construction, such as Advanced Work Packaging (AWP) and the Last Planner System (LPS), whose integrated application is still poorly documented in Brazilian infrastructure works. This paper analyses the combined use of AWP, LPS, BIM and the A3 report in planning the setup of a prefabrication yard for the superstructures of bridges built by incremental launching, based on lessons learned from setting up a similar yard on the opposite bank, which took about ten months instead of the three planned. The research is a single qualitative case study with action research features, based on planning documents, meeting records and participant observation. The causes of the delay in the first setup were structured in the A3 and converted into countermeasures: a construction strategy and work packages defined through AWP, weekly sequencing based on the

production capacity of the leading activity, LPS constraint removal routines, and a BIM model coded by package to communicate with foremen. The results show that the process anticipated engineering decisions, revealed differences of up to 16.14% between planned and design quantities, and showed, before construction began, that workforce mobilization would jeopardize the intended schedule, leading to the hiring of an additional crew. It is concluded that AWP can be applied to scopes of ongoing projects when combined with LPS, and that its benefits depend on information quality and on the technical verification of procurement packages.

Keywords: Advanced Work Packaging, Last Planner System, BIM, Hybrid project management, Lean construction.

1. Introdução

A construção civil é um dos maiores setores da economia mundial e, ao mesmo tempo, um dos que menos evoluíram em produtividade. Entre 2000 e 2022, a produtividade do trabalho no setor cresceu cerca de 10%, enquanto a da indústria de transformação cresceu 90% e a da economia mundial, 50% (MISCHKE; STOKVIS; VERMELTFOORT, 2024). A diferença persiste mesmo após investimentos expressivos em tecnologia, uma vez que parte relevante das soluções adotadas se limitou à digitalização de processos existentes, sem alterar a forma como o trabalho é planejado e liberado para execução (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017; MISCHKE; STOKVIS; VERMELTFOORT, 2024).

A literatura sobre o Sistema Toyota de Produção antecipa essa limitação ao afirmar que a automação aplicada a uma operação ineficiente amplia a ineficiência (LIKER, 2022). Assim, ganhos de produtividade dependem antes da organização do fluxo de trabalho, e é nesse ponto que se inserem métodos derivados da construção enxuta, como o Last Planner System (LPS), voltado à confiabilidade dos compromissos de produção (BALLARD, 2000), e o Advanced Work Packaging (AWP), voltado ao alinhamento entre engenharia, suprimentos e construção por meio de pacotes de trabalho. Projetos que adotaram o AWP registraram, segundo o Construction Industry Institute, aumento de 25% na produtividade e redução de 10% no custo total instalado (CII, 2013).

Embora os dois métodos compartilhem fundamentos, a literatura que trata de sua aplicação integrada ainda é escassa. Moreira (2022) propôs um framework combinado, validado com especialistas, porém sem aplicação em campo. Além disso, o AWP é tradicionalmente recomendado desde as fases iniciais de definição do empreendimento (CII, 2013; HAMDI, 2013), o que deixa em aberto sua utilidade quando adotado em uma obra já em andamento, situação frequente em empresas que iniciam a transição para esses métodos.

Este artigo trata de um caso com essas características. Em uma obra de duas pontes paralelas executadas por lançamentos progressivos a partir das duas margens de um rio na região Norte do Brasil, o canteiro de pré-fabricação da superestrutura da primeira margem, previsto para três meses, levou cerca de dez meses para ser concluído. O canteiro da segunda margem foi então planejado com uma abordagem híbrida, que combinou o AWP, o LPS, o BIM e o relatório A3 a partir das lições aprendidas na primeira implantação.

O objetivo deste artigo é analisar como a aplicação integrada desses instrumentos apoiou o planejamento e o início da execução do segundo canteiro, identificando os resultados obtidos e as limitações encontradas. A pesquisa caracteriza-se como estudo de caso único, com características de pesquisa-ação. O artigo está dividido em seis seções: esta introdução; o referencial teórico; os procedimentos metodológicos; a descrição do caso; os resultados e a discussão; e as conclusões.

2. Referencial teórico

2.1 Abordagens preditiva, adaptativa e híbrida

O Guia PMBOK distingue a abordagem preditiva, na qual escopo, prazo e custo são definidos no início do ciclo de vida, da abordagem adaptativa, na qual o trabalho é organizado em ciclos curtos, com revisões frequentes do planejamento a partir do que é aprendido na execução (PMI, 2021). A abordagem híbrida combina elementos das duas para atender às necessidades de cada projeto (PMI, 2021).

Em estudo com gestores de projetos de diversos setores, Gemino, Horner Reich e Serrador (2021) verificaram que abordagens híbridas não constituem uma segunda escolha inferior em termos de sucesso dos projetos, o que sustenta seu uso em empreendimentos que exigem compromissos contratuais rígidos e, ao mesmo tempo, capacidade de reação a mudanças, como as obras de infraestrutura.

2.2 Last Planner System

O LPS foi proposto por Ballard (2000) como um sistema de controle da produção que desloca o foco do planejamento daquilo que deveria ser feito para aquilo que pode ser feito, a partir da remoção antecipada das restrições que impedem a execução das tarefas. O sistema organiza o planejamento em níveis: um cronograma mestre de marcos; o planejamento de fases, elaborado de forma puxada e colaborativa; o planejamento de médio prazo, no qual as tarefas das semanas seguintes são analisadas e liberadas de restrições; e o plano semanal, no qual os responsáveis pela execução assumem compromissos (BALLARD, 2000; BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

A confiabilidade do plano é medida pelo Percentual de Programação Concluída (PPC), e as causas de não cumprimento alimentam a aprendizagem da equipe. Ballard (2000) estabelece ainda critérios de qualidade para as tarefas do plano semanal, entre os quais a adequação da quantidade de trabalho à capacidade da equipe, ponto que se mostrou relevante no caso analisado.

2.3 Advanced Work Packaging

O AWP é um processo de planejamento orientado pela construção, no qual a execução é pensada desde a definição do empreendimento (CII, 2013; HAMDI, 2013). O processo parte do caminho da construção (Path of Construction, PoC), documento vivo que descreve a sequência em que a obra será executada, e divide o empreendimento em áreas de trabalho da construção (CWA). Cada área é dividida em pacotes de trabalho da construção (CWP), de uma única disciplina, aos quais se associam pacotes de engenharia (EWP) e de suprimentos (PWP). Os CWP são, por fim, desdobrados em pacotes de instalação (IWP), dimensionados para execução por uma equipe em um intervalo curto e liberados para o campo somente quando estão livres de restrições (CII, 2013; HAMDI, 2013).

2.4 Integração entre AWP e LPS

Os dois métodos apoiam-se no planejamento puxado, na identificação e remoção de restrições antes da execução e no envolvimento de todos os níveis da equipe (MOREIRA, 2022). Moreira (2022) propõe uma integração em que o AWP estrutura o planejamento inicial, por meio do PoC, dos pacotes e de um cronograma integrado, e o LPS assume o controle da execução, por meio do planejamento de médio prazo de seis semanas, da programação semanal e das rotinas diárias de verificação, com registro do PPC. Nessa divisão, os IWP do AWP correspondem às tarefas que alimentam o plano semanal do LPS.

2.5 BIM e construção enxuta

Sacks et al. (2010) identificaram um conjunto de interações entre o BIM e os princípios da construção enxuta, entre elas a visualização do produto e do processo, a geração de

alternativas de sequenciamento e o compartilhamento de informações sobre o estado das tarefas. O modelo 4D, que associa o cronograma ao modelo tridimensional, permite avaliar sequências executivas e acompanhar visualmente o planejado e o realizado.

2.6 Relatório A3

O relatório A3 é uma prática do Sistema Toyota de Produção para a solução estruturada de problemas, apresentada em uma única folha e organizada segundo o ciclo PDCA (SOBEK; SMALLEY, 2008; SHOOK, 2008). O relatório registra o contexto e o estado atual, define metas, analisa as causas do problema, propõe contramedidas e um plano de ação, e prevê o acompanhamento dos resultados e as ações corretivas. A mesma lógica aparece nos sistemas de gestão normalizados, nos quais a organização deve analisar as causas de uma não conformidade e implementar ações corretivas para evitar sua repetição (ABNT, 2015), o que torna o A3 um instrumento natural de transferência de aprendizado entre empreendimentos ou frentes de trabalho sucessivas.

3. Procedimentos metodológicos

A pesquisa tem abordagem qualitativa e natureza descritiva e exploratória, e adota como estratégia o estudo de caso único (YIN, 2015), com características de pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011), uma vez que o primeiro autor foi responsável pelo planejamento e pela condução da implantação analisada. A segunda autora contribuiu com o referencial em construção enxuta e sistemas de gestão e com a revisão crítica da análise.

A unidade de análise é o planejamento e o início da execução do canteiro de pré-fabricação da segunda margem, tendo como referência de comparação a implantação do canteiro da primeira margem. O período analisado compreende cerca de nove semanas de planejamento anteriores ao início da obra e as quatro primeiras semanas de execução.

As fontes de evidência foram: documentos de planejamento, como linhas de base do cronograma, levantamentos de quantidades, planilhas de dimensionamento de mão de obra e de capacidade produtiva; registros de reuniões multidisciplinares, de reuniões de restrições e de reuniões semanais de planejamento com os encarregados; registros de treinamentos; e observação participante. Os dados foram organizados em uma matriz que relaciona cada causa de atraso identificada na primeira implantação à contramedida adotada na segunda, ao instrumento empregado (A3, AWP, LPS ou BIM) e à situação observada na quarta semana de execução.

Para preservar a confidencialidade do empreendimento, foram omitidos os nomes das empresas, do cliente e do local, bem como as dimensões das pontes. As datas são expressas em semanas relativas ao início da obra, e as quantidades são apresentadas em percentuais ou em valores que não permitem identificar o empreendimento. As duas margens são denominadas margem A, onde ocorreu a primeira implantação, e margem B.

4. O caso

4.1 Contexto do empreendimento

O empreendimento compreende duas pontes paralelas e estruturalmente independentes, uma ferroviária, com superestrutura em módulos metálicos, e outra rodoviária, com superestrutura em módulos de concreto armado e protendido. O método construtivo é o de lançamentos progressivos, no qual os segmentos da superestrutura são fabricados em um canteiro localizado na cabeceira da ponte e, após a concretagem e a protensão contra o segmento anterior, todo o conjunto é deslocado em direção à margem oposta (SCHMID, 2005). No caso analisado, o lançamento ocorre a partir das duas margens, o que exige um canteiro de pré-fabricação em cada uma delas.

Cada canteiro reúne as estruturas de reação e de deslizamento necessárias ao lançamento: estacas e blocos de reação, fossos de montagem das superestruturas rodoviária e ferroviária, sapatas dos pórticos rolantes, lajes de piso, galpão metálico, drenagem e instalações. O escopo de construção de um canteiro envolve mais de 250 t de armação, cerca de 2 km de soldas nas chapas dos fossos e aproximadamente uma centena de estacas, e sua conclusão condiciona o início da fabricação da superestrutura e, portanto, o caminho crítico da obra.

4.2 A primeira implantação

O cronograma inicial previa três meses para a construção de cada canteiro. Na margem A, porém, a implantação estendeu-se por cerca de dez meses. As causas, levantadas com a equipe responsável, foram: a alta incidência de chuvas na fase final da terraplenagem e no início das estacas de reação; as revisões sucessivas dos projetos civis e de terraplenagem, inclusive com troca do material de aterro por causa das chuvas, que levaram à perda de aço já adquirido cortado e dobrado; a mão de obra abaixo da necessidade, uma vez que as contratações solicitadas não foram liberadas; e a quebra do equipamento de perfuração das estacas no aterro executado com material pétreo.

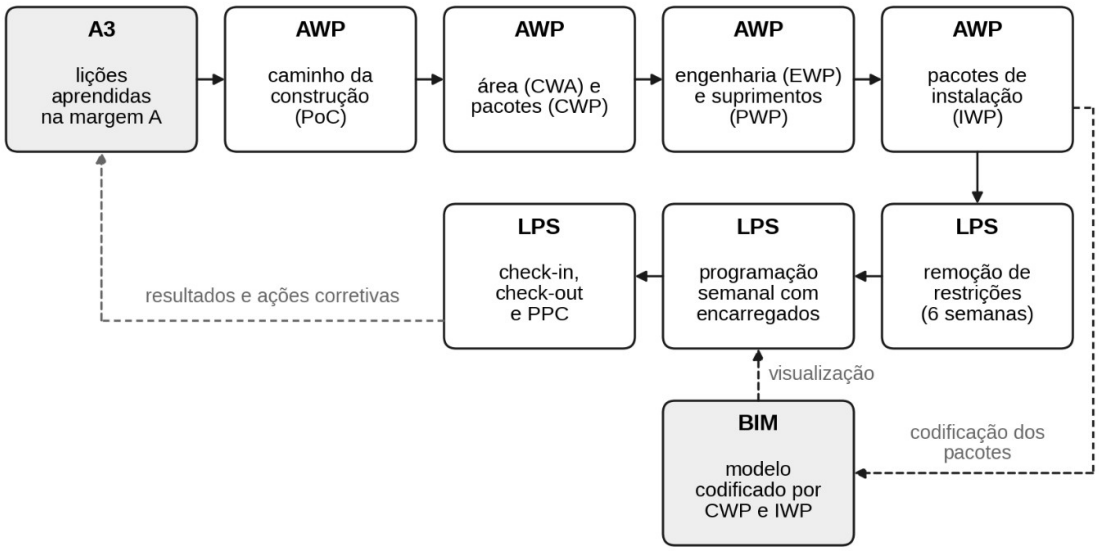
Somaram-se a ausência de plataforma para a bomba de concreto e de acessos para caminhões, que gerou serviços não planejados, e a altura insuficiente dos pórticos para a operação. A partir do sétimo mês, parte da equipe foi deslocada para a fabricação da superestrutura, o que prolongou ainda mais a conclusão, e o marco contratual do primeiro lançamento não foi cumprido. Os custos do canteiro, por sua vez, foram apropriados em uma conta genérica de construção de canteiro, o que impediu sua apuração.

5. Resultados e discussão

5.1 Estruturação do problema no A3

O A3 foi utilizado para organizar a transição entre as duas implantações. O contexto registrou a defasagem entre os canteiros e seu efeito sobre o prazo da obra; o estado atual reuniu cronograma, mão de obra, produtividades e custos previstos; e a meta foi definida como a conclusão do canteiro da margem B dentro dos três meses contratuais, com o desafio interno de fazê-lo em dois meses. A análise de causas utilizou o diagrama de Ishikawa sobre os fatores descritos na seção 4.2, e as contramedidas foram desdobradas em um plano de ação no formato 5W2H, com acompanhamento previsto por meio do PPC. A Figura 1 apresenta o encadeamento entre o A3 e os demais instrumentos, tal como aplicado no caso.

Figura 1 – Encadeamento entre A3, AWP, LPS e BIM na implantação da margem B



Fonte: Elaborada pelos autores com base em Moreira (2022)

5.2 Antecipação de decisões de engenharia e suprimentos

Cerca de sete semanas antes do início da obra, uma reunião entre engenharia, produção e segurança identificou seis questões que precisavam ser resolvidas antes da construção: a drenagem; a extensão da retaguarda das vigas dos pórticos; a elevação da altura dos pórticos; a plataforma para a bomba de concreto; a entrega e a montagem do galpão antes das interfaces com os fossos; e o planejamento detalhado da execução. Na semana seguinte, uma segunda reunião, com os setores de equipamentos, suprimentos e segurança e com o mestre e o supervisor de campo, validou a estratégia macro, as produtividades previstas e as necessidades de equipamentos.

As decisões decorrentes mostram a função do AWP na antecipação de pacotes de engenharia. A drenagem, concebida com saídas transversais que lançariam água nos taludes, foi substituída por três redes principais, uma por zona do canteiro. A extensão das vigas dos pórticos foi retirada do escopo de construção, por tratar-se de melhoria da operação. A terraplenagem foi revista para incluir uma plataforma mais larga para a bomba e acessos laterais com rampas ajustadas ao tráfego de caminhões.

No caso dos pórticos, as alternativas de elevar o greide da terraplenagem, que enterraria os fossos rodoviários, ou de elevar as sapatas, que criaria paredes laterais de grande altura ao longo de todo o canteiro, foram descartadas em favor da modificação dos próprios pórticos, decidida cinco semanas antes do início. A decisão teve reflexo nas fundações do galpão: a primeira revisão do projeto previu escavações de 12 m, e a análise crítica do projeto, realizada ainda na primeira semana de obra, levou a uma nova revisão com escavações de 7 m, antes da execução das estacas.

No campo dos suprimentos, as quantidades foram levantadas a partir dos projetos e comparadas às informadas pelo planejamento da obra, que haviam sido extraídas de modelos e projetos da margem A. As divergências, apresentadas na Tabela 1, confirmaram que a base de informação do planejamento não era confiável para a compra, e a solicitação do aço cortado e dobrado foi feita cerca de sete semanas antes do início, a partir do levantamento revisado.

Tabela 1 – Divergência entre as quantidades do planejamento e as levantadas nos projetos (exceto encontros das pontes)

Material	Variação em relação ao planejamento
Aço	+3,32%
Fôrmas	+16,14%
Concreto	+8,99%

Fonte: Elaborada pelos autores

5.3 Estratégia de construção e pacotes de trabalho

O canteiro foi tratado como uma única CWA, dividida em 21 CWP, correspondentes aos elementos construtivos (encontros, estacas, blocos, fossos, sapatas, lajes, drenagem e galpão). O PoC foi definido em dois níveis. No primeiro, de caráter macro, a mão de obra foi dividida em duas frentes com sentidos opostos, de modo a abrir cedo as frentes de solda das chapas dos fossos rodoviários e dos trilhos ferroviários, atividades críticas na margem A, e a executar a drenagem e o maior número possível de lajes antes do período chuvoso. A Tabela 2 mostra a concentração da armação por grupo de pacotes: os fossos rodoviários respondem por quase um terço do total, o que explica sua prioridade no sequenciamento.

Tabela 2 – Grupos de pacotes de trabalho (CWP) e participação na armação total do canteiro

Grupo de CWP	Participação na armação
Fossos rodoviários (reação e berço)	31,37%
Encontros rodoviário e ferroviário	18,33%
Sapatas dos pórticos e ferroviárias	14,55%
Estacas (reação e galpão)	13,15%
Fosso ferroviário e fosso provisório	7,85%
Lajes de piso	7,70%
Blocos sobre estacas e de reação	6,89%
Drenagem	0,17%

Fonte: Elaborada pelos autores

Os pacotes de engenharia e de suprimentos foram associados aos CWP. No caso dos fossos rodoviários, por exemplo, foram inventariadas as chapas remanescentes da margem A, adquirido apenas o complemento e revistas com a engenharia as inclinações e o comprimento dos fossos. O acompanhamento desses pacotes foi incorporado às reuniões de restrições do LPS.

Houve, porém, uma falha que o processo não evitou. Para executar as estacas com duas frentes simultâneas, foi adquirido um segundo conjunto de perfuração, mas o pedido não incluiu as válvulas e mangueiras necessárias para compatibilizar a pressão hidráulica da escavadeira com a do equipamento, e o conjunto existente precisou de adaptação para uma escavadeira de porte diferente. A incompatibilidade só foi percebida uma semana antes do início das estacas, o que obrigou a rever a estratégia: as estacas foram postergadas e a equipe foi redirecionada para as lajes.

5.4 Capacidade produtiva e sequenciamento semanal

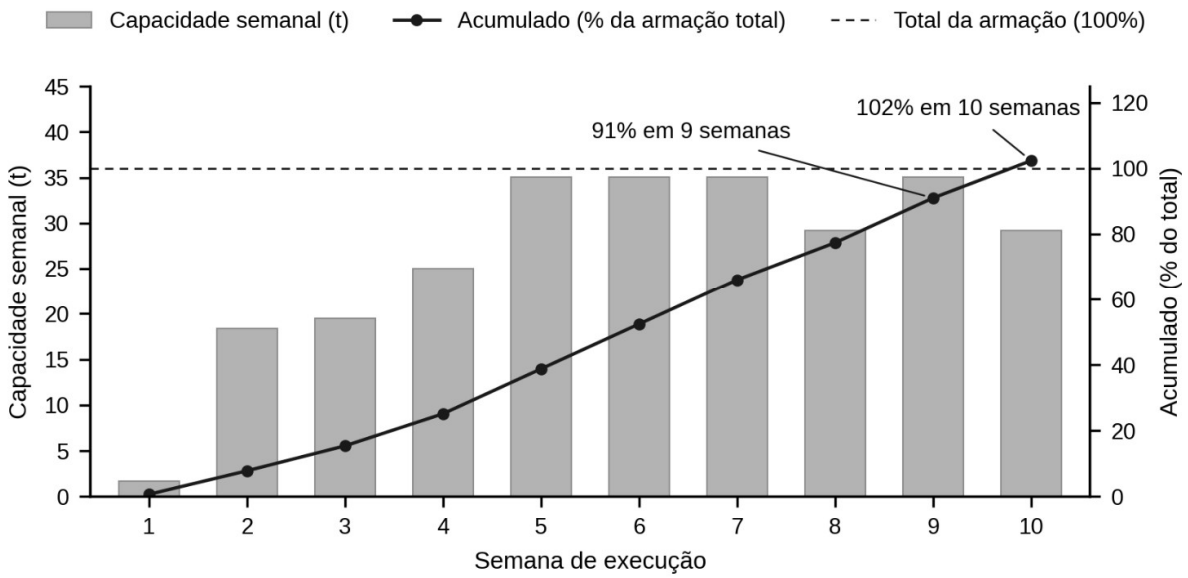
O dimensionamento da mão de obra considerou o desafio interno de dois meses, com 44 dias úteis e praticabilidade de 85,13%, o que resultou em 37,46 dias efetivamente trabalháveis, e produtividades médias de 24 kg/Hh para armação, 0,70 m²/Hh para fôrmas e 1,30 m³/Hh para concreto, validadas pelo mestre e pelo supervisor. A contratação, porém, esbarrou em uma transferência do escopo entre as empresas do consórcio cerca de quatro semanas antes do início, e a solicitação formal só foi feita três semanas antes da obra.

Diante disso, os IWP foram definidos pela capacidade produtiva semanal da equipe de armação, escolhida como atividade chefe por seu volume e por integrar o caminho crítico

observado na margem A capacidade de cada semana foi calculada a partir da entrada prevista dos armadores, que partia de 2 na primeira semana e alcançava 42 na quinta, e a quantidade de cada CWP atribuída a cada semana foi obtida por meio de quantidades unitárias de aço, como 5,89 kg por metro quadrado nas lajes do galpão, 47,27 kg por metro nas sapatas dos pórticos e 687,96 kg por estaca de reação rodoviária.

Assim, por exemplo, 10 t da capacidade de uma semana destinadas às estacas de reação correspondiam a cerca de 14 estacas, o que permitia expressar cada IWP em unidades verificáveis em campo. A Figura 2 mostra o resultado dessa análise: com a mobilização prevista, nove semanas cobririam apenas 91% da armação total, e seriam necessárias dez semanas para concluí-la.

Figura 2 – Capacidade semanal de armação e percentual acumulado da armação total



Fonte: Elaborada pelos autores

As reduções nas semanas 8 e 10 decorrem do menor número de dias trabalhados, uma vez que o planejamento considerou dois sábados por mês e os feriados do período, e não de variação da produtividade, mantida constante. O resultado foi obtido antes do início da obra e tornou explícito que o prazo pretendido estava condicionado à mobilização da mão de obra, e não à produtividade das equipes.

A sequência semanal, com as demais disciplinas organizadas em torno da armação, foi apresentada e validada na reunião de planejamento com gerente, planejadora, supervisor e encarregados no último dia útil antes do início. Na quarta semana de execução, apenas 63% da mão de obra prevista estava disponível, e foi mobilizada uma equipe terceirizada de armação para garantir o prazo de dez semanas. Esse ponto está alinhado ao critério de adequação da carga de trabalho à capacidade da equipe proposto por Ballard (2000), aplicado aqui antes da execução, no próprio desenho dos IWP.

5.5 Rotinas do LPS e comunicação com o BIM

A obra já utilizava reuniões de restrições com horizonte de seis semanas e salas ágeis setoriais. No canteiro da margem B, a reunião semanal de planejamento com os encarregados passou a validar a sequência de IWP, e o apontamento diário foi orientado a registrar a mão de obra disponível e as quantidades executadas nas unidades definidas para os pacotes. Na terceira semana, com a chegada de novos encarregados, foi realizado um treinamento de LPS baseado em simulação, após o qual foram iniciadas as rotinas diárias de check-in e check-out.

O modelo BIM do canteiro recebeu os códigos da CWA, dos CWP e dos IWP e passou a ser usado para mostrar aos encarregados, de forma visual, as atividades da programação semanal, ainda com coloração manual. A prática de extrair a estrutura analítica do projeto diretamente do modelo foi trazida pela equipe de BIM de uma das empresas do consórcio, e a emissão automática das folhas de tarefa e as simulações 4D ficaram previstas para as etapas seguintes. Por fim, foi criado um centro de custos próprio para o canteiro, corrigindo a falha de apropriação da margem A. A Tabela 3 sintetiza a correspondência entre as causas do atraso na margem A e as contramedidas adotadas na margem B.

Tabela 3 – Causas do atraso na margem A, contramedidas na margem B e situação na quarta semana de execução

Causa na margem A	Contramedida na margem B	Instrumento	Situação na semana 4
Chuvas na terraplenagem e no início das estacas	Duas frentes, com drenagem e lajes antes do período chuvoso	AWP (PoC)	Estratégia adotada
Revisões de projeto e perda de aço cortado e dobrado	Levantamento pelos projetos antes da compra e análise crítica das revisões	AWP (EWP) e A3	Compra antecipada; estacas do galpão revistas de 12 para 7 m
Mão de obra abaixo da necessidade	Dimensionamento por produtividade e praticabilidade; IWP pela capacidade semanal	AWP (IWP) e LPS	63% mobilizados; equipe terceirizada em mobilização
Quebra do equipamento de perfuração	Segundo conjunto de perfuração para frentes paralelas	AWP (PWP)	Acessórios não previstos; estacas postergadas
Falta de plataforma e de acessos	Terraplenagem revista com plataforma e acessos alargados	AWP (EWP)	Incorporado ao projeto
Altura insuficiente dos pórticos	Modificação dos pórticos em vez do greide ou das sapatas	Reuniões multidisciplinares e de restrições	Decidido cinco semanas antes do início
Custos em conta genérica de canteiro	Centro de custos próprio	A3 (plano de ação)	Implantado
Programação pouco acessível aos encarregados	Modelo codificado por CWP e IWP	BIM	Em uso, com coloração manual. Emissão automática das folhas tarefa em implementação

Fonte: Elaborada pelos autores

5.6 Discussão

O primeiro achado diz respeito ao momento de adoção do AWP. A literatura recomenda iniciá-lo nas fases de definição do empreendimento (CII, 2013; HAMDI, 2013), e o caso mostra que o método também produziu valor quando aplicado a um escopo de uma obra em andamento, restrito a uma única CWA. O que tornou isso possível foi a existência de uma implantação anterior semelhante: as lições registradas no A3 funcionaram como insumo para o PoC, o que sugere que o AWP pode servir como veículo de transferência de aprendizado entre unidades repetidas de um mesmo empreendimento, em linha com a lógica de aprendizado do A3 descrita por Sobek e Smalley (2008).

O segundo achado refere-se à capacidade produtiva como critério de definição dos IWP. Ao dimensionar os pacotes semanais pela capacidade da atividade chefe, o planejamento aplicou antes da execução o critério de adequação da carga à capacidade que o LPS aplica ao plano semanal (BALLARD, 2000), e isso tornou visível, antes do início da obra, que a mão de obra seria a restrição dominante. O LPS, porém, não resolve restrições de natureza

organizacional, como o processo de contratação, que permaneceu como o principal risco ao prazo mesmo com a equipe complementar.

O terceiro achado é que os pacotes valem o que valem as informações que os alimentam. As divergências de até 16,14% nas quantidades e a falha na compra do conjunto de perfuração mostram que a estrutura de pacotes não substitui a conferência dos dados de origem nem a verificação técnica das interfaces entre equipamentos. O framework de Moreira (2022) trata a integração entre AWP e LPS no plano dos processos, e o caso indica a conveniência de incluir, na liberação dos PWP, uma verificação técnica explícita de compatibilidade, sobretudo quando o pacote envolve equipamentos de terceiros.

Por fim, o uso do BIM foi predominantemente comunicativo. O modelo codificado por pacote tornou a programação semanal mais compreensível para os encarregados, o que corresponde às interações de visualização entre BIM e construção enxuta descritas por Sacks et al. (2010); os usos analíticos, como a simulação 4D de sequências, ainda não haviam sido alcançados no período analisado. O conjunto configura uma abordagem híbrida: o prazo contratual de três meses manteve o caráter preditivo, enquanto a meta interna, o sequenciamento semanal e as rotinas de verificação conferiram ao planejamento a capacidade de reagir às mudanças, arranjo compatível com a evidência de que abordagens híbridas não são inferiores às demais (GEMINO; HORNER REICH; SERRADOR, 2021).

6. Conclusões

Este artigo analisou a aplicação integrada do AWP, do LPS, do BIM e do relatório A3 no planejamento da implantação de um canteiro de pré-fabricação de pontes executadas por lançamentos progressivos, com o objetivo de verificar como esses instrumentos apoiaram a transferência das lições de uma primeira implantação, que levou cerca de dez meses frente aos três previstos, para a segunda. Por meio de um estudo de caso com características de pesquisa-ação, verificou-se que o A3 estruturou as causas e as contramedidas, que o AWP organizou a construção em 21 pacotes e antecipou decisões de engenharia e suprimentos, que o sequenciamento pela capacidade da atividade chefe revelou, antes da obra, que nove semanas cobririam apenas 91% da armação, e que o BIM facilitou a comunicação com os encarregados.

Como contribuição, o caso mostra que o AWP pode ser aplicado a escopos de obras em andamento quando articulado ao LPS e alimentado por lições aprendidas registradas, e indica que seus benefícios dependem da qualidade das informações de origem e da verificação técnica dos pacotes de suprimentos, ponto pouco tratado nos frameworks de integração disponíveis.

A pesquisa apresenta limitações. Trata-se de um caso único, analisado até a quarta semana de execução, de modo que o prazo final, a evolução do PPC e a produtividade efetiva não foram medidos. A participação do primeiro autor na condução do caso favoreceu o acesso às informações, mas introduz o risco de viés na interpretação, parcialmente mitigado pela revisão crítica da segunda autora. Além disso, a comparação entre as margens não controla fatores externos, como o regime de chuvas e a transferência de escopo entre as empresas do consórcio.

Como trabalhos futuros, sugere-se completar a análise com os resultados da execução, confrontando o prazo, o PPC e a produtividade da margem B com os da margem A; replicar a abordagem em outros casos de unidades repetidas em obras de infraestrutura; e avaliar a inclusão de uma etapa formal de verificação técnica na liberação dos pacotes de suprimentos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**: sistemas de gestão da qualidade: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. Current process benchmark for the Last Planner System. **Lean Construction Journal**, p. 57-89, 2016.

CII - CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Advanced Work Packaging**: design through workface execution. Version 2.1. Austin: The University of Texas at Austin, 2013. (Implementation Resource 272-2).

GEMINO, A.; HORNER REICH, B.; SERRADOR, P. M. Agile, traditional, and hybrid approaches to project success: is hybrid a poor second choice? **Project Management Journal**, v. 52, n. 2, p. 161-175, 2021.

HAMDI, O. **Advanced Work Packaging from project definition through site execution**: driving successful implementation of WorkFace Planning. 2013. Thesis (Master of Science in Engineering) - The University of Texas at Austin, Austin, 2013.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2022.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Reinventing construction through a productivity revolution**. [S. l.]: McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution. Acesso em: 27 set. 2026.

MISCHKE, J.; STOKVIS, K.; VERMELTFOORT, K. **Delivering on construction productivity is no longer optional**. [S. l.]: McKinsey Global Institute, 2024. Disponível em: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/delivering-on-construction-productivity-is-no-longer-optional. Acesso em: 27 set. 2026.

MOREIRA, J. C. S. **Análise dos pontos de sinergia entre as metodologias Advanced Work Packaging e Last Planner System**: uma proposição de um framework integrado para aplicação em projetos de capital. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. A.; OWEN, R. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SCHMID, M. T. **A construção e o lançamento de pontes pelo processo dos segmentos empurrados**. São Paulo: Rudloff, 2005. Disponível em: https://www.rudloff.com.br/downloads/publicacao3_pontes_empurradas.pdf. Acesso em: 27 set. 2026.

SHOOK, J. **Managing to learn**: using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor, and lead. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2008.

SOBEK, D. K.; SMALLEY, A. **Understanding A3 thinking**: a critical component of Toyota's PDCA management system. New York: Productivity Press, 2008.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.