

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE PARÂMETROS ADOTADOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE PRODUTIVIDADE PELO MÉTODO *MEASURED MILE*

Trabalho de Perícia ou Inspeção Predial

THARICK LUIS DE CARVALHO CACHOEIRO
EFIGÊNIA GUARIENTO PALHARES FERREIRA
RENATO VICTOR TAVARES

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE PARÂMETROS ADOTADOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE PRODUTIVIDADE PELO MÉTODO *MEASURED MILE*

RESUMO

A realidade atualmente observada em obras de construção civil e de montagem eletromecânica, em relação aos registros que são produzidos, dificulta a efetiva aplicação de métodos consagrados na literatura técnica, para quantificação de valores que são necessários de serem mensurados, principalmente quando surgem controvérsias e pleitos entre as partes envolvidas. Uma das grandes dificuldades comumente apresentadas é a quantificação da perda de produtividade ocorrida em uma obra, independente dos fatores que a originaram. Isso porque os registros, quando existentes, muitas vezes não possuem o detalhe necessário para a aplicação de métodos para cálculo dessa perda de produtividade, como o *Measured Mile*. Este artigo apresenta um estudo de caso em que foram necessárias várias definições e aprimoramentos, em relação aos dados disponibilizados da obra, para então se realizar o cálculo da perda de produtividade pelo *Measured Mile*. Como resultados, observa-se que, caso não fossem realizados esses aprimoramentos, o valor quantificado poderia ser até 570% superior ao considerado adequado, comprovando a necessidade de uma análise detalhada e criteriosa sobre os dados disponibilizados.

Palavras-chave: *Qualidade dos registros da obra; Quantificação de pleitos; Perda de produtividade.*

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
a. Produtividade	4
b. Perda de produtividade	5
c. Métodos de Avaliação da perda de produtividade	6
d. Objetivos	7
2. METODOLOGIA	8
a. Nota acerca dos dados apresentados	8
b. Apresentação do caso	8
3. PREMISSAS PARA A QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE PRODUTIVIDADE	9
a. Definição das disciplinas construtivas analisadas	9
a. Determinação da metodologia empregada	10
b. Determinação dos períodos de produtividade natural e impactada	10
c. Fatores extras a serem considerados	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
a. Definição das disciplinas construtivas analisadas	11
b. Determinação dos períodos de produtividade natural e impactada	11
c. Outros aprimoramentos observados	17
d. Comparativos de cálculos observados	19
5. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	21

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. INTRODUÇÃO

O sucesso de um projeto, conforme Luo e Gebrehiwet (2017), na maioria dos casos, é definido a partir da sua conclusão dentro do tempo esperado, conforme o orçamento previsto, desenvolvido de acordo com as especificações e, claro, com a satisfação do cliente. Contudo, percebe-se que a maioria dos projetos não são concluídos dentro do tempo previsto.

Diante deste cenário, Ibbs e Liu (2011) afirmam que a perda de produtividade é considerada um dos principais fatores que contribuem para o insucesso de projetos de engenharia, especialmente do ponto de vista financeiro, onde tende-se a resultar em um aumento de custo considerável, seja por meio dos custos com mão de obra, equipamentos ou materiais.

Quantificar o impacto da perda de produtividade evidencia-se como fator preponderante para auxiliar na recuperação do cronograma em obras impactadas, bem como, para a justa avaliação de procedência de pleitos pós conclusão e/ou encerramento de contratos. Entretanto, Ibbs e Liu (2005) citam que quantificar a perda de produtividade em projetos de construção civil é um processo difícil e, por vezes, subjetivo (apud Lee, 2021).

Percebe-se que a ineficácia presente na realização de registros adequados e contemporâneos à execução das obras torna o processo de quantificação da perda de produtividade ainda mais difícil, cabendo ao profissional responsável pela análise o devido conhecimento e expertise, não apenas dos métodos de quantificação, mas também, dos entraves para a aplicação destes métodos e as formas de refinamento do resultado, visando maior precisão e coerência da análise.

Apesar de se basear em fatos registrados na obra, a quantificação da perda de produtividade, na maioria das vezes, é enxergada como uma quantificação abstrata e teórica, fato pelo qual é de extrema importância que o aprimoramento da aplicação de métodos reconhecidos seja bem delimitado.

De maneira semelhante à orçamentação de obra, entende-se que a precisão da quantificação da perda de produtividade também está sujeita à impacto de riscos sistêmicos, inerentes às características do empreendimento e ao processo de quantificação. Tais riscos são definidos da mesma maneira como trazidos na Prática Recomendada no 56R-08 da AACE® *International* (2020), adaptados para a realidade da quantificação de perda de produtividade, que envolvem:

- i. Complexidade do projeto e da execução;
- ii. Qualidade dos dados de referência;
- iii. Qualidade das premissas utilizadas na quantificação;
- iv. Experiência e nível de habilidade do profissional;
- v. Técnicas de quantificação de perda de produtividade empregadas;
- vi. Tempo e nível de esforço.

Entretanto, a realidade enfrentada pelos profissionais que elaboram pleitos e/ou participam de perícias de engenharia que envolvem a administração contratual de uma obra é complexa, quando se trata da quantidade e da qualidade dos registros e informações disponibilizadas. São raros os casos de obras que possuem dados suficientes para reconstrução do histórico necessário para análise dos fatores que impactaram a sua execução, de forma a se fornecer o subsídio necessário para elaboração do pleito ou análise do nexos causal e da quantificação dos impactos ocorridos.

Neste sentido, a realidade é que, mesmo para um método definido e consagrado na literatura técnica, para definição de metodologia de cálculo da perda de produtividade ocorrida em uma obra, como o *Measured Mile*, o que se verifica são várias formas de apresentação do desenvolvimento dessa metodologia, a partir da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis na obra.

a. Produtividade

As Diretrizes para Análise de Produtividade em Perícias de Engenharia produzida pelo IBAPE Nacional em 2021 determinam que, antes de se partir para uma conceituação de produtividade, faz-se necessário abordar dois conceitos que lhes são correlatos – o de processo e o de produção:

a) Processo

Processo pode ser definido como “uma série de atividades sistemáticas direcionadas para alcançar um resultado final de tal forma que se aja em relação a uma ou mais entradas a fim de criar uma ou mais saídas” (PMBOK, 6ª ed., 2018. p.720). Processo é, portanto, uma criação, uma transformação de entradas em saídas.

b) Produção

Produção é a quantidade de coisa produzida, é o produto do processo (Output). Exemplo de produção: execução de 6 m² de alvenaria.

De acordo com a definição constante na Prática Recomendada da AACE RP 25R-03 (2004) – *Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção*, “produtividade refere-se às quantidades produzidas por hora de esforço do trabalhador” e pode ser definida pela equação:

$$\text{Produtividade} = \text{Output} \div \text{Input}$$

$$= \text{Unidades} \div \text{horas de trabalho}$$

$$= (\text{Total de Output}) \div (\text{Total de horas de trabalho})$$

Poter (1999) reforça ainda que a produtividade pode ser definida também como o valor gerado por um dia de trabalho e por unidade de capital ou recursos físicos utilizados, ou seja, fazendo uso, em um dado momento, de todas as melhores práticas disponíveis, técnicas gerenciais, habilidades e insumos, a produtividade é o valor máximo que uma empresa é capaz de gerar (apud Soares, Batista e Freitas, 2016).

As Diretrizes para Análise de Produtividade em Perícias de Engenharia, do IBAPE (2021), complementam ainda que, de maneira específica, a produtividade pode ser enxergada como a razão entre produtos ou serviços produzidos e a quantidade de recursos utilizados para essa produção. Essa definição também vai de encontro à Prática Recomendada RP 25R-03 da AACE® *International* (2004), que caracterizou a produtividade como:

“a medida do índice de saídas por unidade de tempo ou esforço normalmente medido em horas trabalhadas. Por exemplo Jarbas cúbicas/ metros cúbicos colocados de concreto, pés/ metros lineares instalados de conduítes ou tubulação.” (AACE RP 25R-03, 2004, pg. 3)

b. Perda de produtividade

Com a definição de produtividade estabelecida, passa-se a tratar da perda da produtividade. Esta nada mais é do que a redução da produtividade ótima estimada para o projeto, em decorrência de fatores que afetam o andamento das atividades, acarretando em consequências no prazo e custo do projeto. As Diretrizes para Análise de Produtividade em Perícias de Engenharia, do IBAPE (2021) definem que:

Portanto, a perda de produtividade acontece quando a Contratada não está atingindo sua taxa de produção praticável ou planejada e pode ser definida mais precisamente como uma Contratada produzindo menos do que suas saídas planejadas por hora trabalhadas de entrada. Sendo assim, a Contratada está utilizando mais esforço por unidade de produção do que planejado originalmente. O resultado é uma perda monetária para a Contratada. Portanto, um aspecto desafiador no controle dos custos de construção é medir e acompanhar as horas de trabalho e a produção com detalhes suficientes para permitir a análise de dados que determine a causa-raiz da pouca produtividade da mão de obra, caso aconteça. (AACE RP 25R-03, 2004, pg. 3)

Em suma, a Prática Recomendada RP-25R-03 da AACE (2004) determina que a perda de produtividade pode ser caracterizada pela diferença entre a produtividade *baseline* e aquela realmente obtida na obra:

$$\text{Perda de produtividade} = \text{Produtividade}_{\text{Baseline}} - \text{Produtividade}_{\text{Real}}$$

Martins (2014) afirma que existem diversos fatores que podem ser responsáveis pela redução da produtividade em um projeto de construção civil. Dentre estes, traz que os mais comuns são:

- Projetos básicos falhos, exigindo revisões concomitantes ao desenvolvimento das obras;
- Ordens de Mudanças, demandando necessidade de repetir o ciclo de aprendizagem e, dependendo do momento do ordenamento, implicando em retrabalhos;
- Fornecimento de Projetos sem compatibilização;
- Interfaces e interferências imprevistas;
- Trabalhos fora da sequência executiva lógica prevista;
- Efeito *stop-and-go* das operações, ou seja, interrupções e retomadas do trabalho, motivadas pelos fatos retro citados e outros, produzindo a necessidade de reorganizar e reordenar os recursos diretos;
- Número de trabalhadores acima do ótimo em uma frente de serviço, o que ocorre, por exemplo, devido à liberação parcial de frentes;
- Deslocamento de atividades previstas para período seco, para o chuvoso;
- Falhas de gestão de pessoal;
- Supervisão com grande equipe e/ou sem comando;

• Falta de previsibilidade em relação às obrigações da Contratante;
Apesar dos diversos fatores citados, a Prática Recomendada RP 25R-03 da AACE (2004) sintetizou as 25 causas comuns para a perda de produtividade, e ressalta-se que a lista não é exaustiva, mas abrange uma maioria de situações encontradas em um projeto de construção. Essas causas são resumidas a seguir:

- Absenteísmo e síndrome do trabalhador ausente;
- Aceleração (dirigida ou forçada);
- Condições meteorológicas adversas ou excepcionalmente severas;
- Disponibilidade de mão de obra qualificada;
- Alterações, impacto incidental, impacto cumulativo causado por múltiplas alterações e retrabalho;
- Concorrência por mão de obra operária;
- Rotatividade dos operários;
- Aglomeração de mão de obra ou acúmulo excessivo de pessoas na mesma frente de serviço;
- Falhas na engenharia, nas revisões de engenharia e/ou no retrabalho;
- Supervisão enfraquecida;
- Emprego exagerado de horas extras;
- Incapacidade de coordenar Contratadas, Subcontratadas e/ou Fornecedores;
- Fadiga;
- Relações trabalhistas e gerenciamento da mão de obra;
- Curva de Aprendizagem;
- Escassez de materiais, ferramentas e equipamentos;
- Alocação excessiva de funcionários;
- Pouca motivação da mão de obra operária;
- Fatores gerenciais do projeto;
- Trabalho fora de sequência;
- Retrabalho e erros;
- Impactos da Compressão de Cronograma sobre a Produtividade;
- Restrições de acesso à área de trabalho ou ao canteiro;
- Condições do local;
- Aprovações ou respostas atrasadas.

c. Métodos de Avaliação da perda de produtividade

De acordo com a AACE (2004), diversos são os métodos existentes para a estimativa da perda de produtividade, dentre os quais, destacam-se:

- *Measured Mile*;
- Análise de valor agregado;
- Amostragem de trabalho;
- Amostragem usando questionário aplicado à operários.

Entretanto, apesar dos diversos métodos existentes, que são inúmeros além dos mencionados anteriormente, o método mais recomendado pela Prática Recomendada RP 25R-03 é o *Measured Mile* (ou produtividade natural), que consiste em comparar atividades idênticas em partes do projeto que sofreram impactos com

partes que não sofreram e/ou sofreram menos impactos, para averiguar a perda de produtividade resultante do impacto de um conjunto conhecido de eventos. Segue outro trecho da RP 25R-03:

“Unidades físicas de trabalho concluído divididas por horas despendidas para concluir tais itens de trabalho determinam a produtividade durante o período menos afetado ou não afetado. Então, um cálculo semelhante é executado para o período do impacto. A perda de produtividade pode então ser calculada pela subtração do índice de produtividade unitária durante o período impactado da produtividade unitária durante o período não afetado. Podemos observar que, ao realizar o cálculo Measured Mile, outras variáveis que poderiam afetar a produtividade mas não estão relacionadas aos impactos em questão, deverão ser levadas em consideração e removidas do cálculo do período afetado desde que tais variáveis tenham ocorrido durante o período menos impactado ou não impactado. Essas variáveis podem ser condições climáticas, má gestão do projeto, problemas relacionados à Subcontratada, aceleração voluntária, etc.” (AACE RP 25R-03, 2004, pg. 17)

Conforme demonstrado pelo IBAPE (2021), a perda de produtividade normalmente é calculada ao final de uma obra, durante a preparação de um pleito ou em trabalhos periciais, partindo-se, normalmente, de informações e dados disponíveis, produzidos ao longo da obra. Para tanto, torna-se necessário estudar e avaliar os registros disponíveis da obra, como relatórios diários e mensais, boletins de medição, atas de reunião, correspondências, guias de remessa de documentos, entre outros.

Ainda conforme as diretrizes do IBAPE (2021), a qualidade dos documentos a serem apresentados é de fundamental importância, sendo inclusive estabelecido uma tabela de grau de fundamentação, de acordo com as informações e a documentação utilizada no trabalho:

“De acordo com a Norma Técnica IBAPE 003, para avaliação do desequilíbrio econômico-financeiro de contratos de obras de engenharia, o cálculo dos graus de fundamentação de um pleito deve ser efetuado conforme tabela abaixo. Observa-se que em todos os itens, há necessidade de se qualificar os documentos.” (DIRETRIZ - IBAPE NACIONAL, pg. 21)

d. Objetivos

Diante do exposto, este trabalho apresenta a abordagem aplicada ao cálculo de perda de produtividade utilizando o método *Measured Mile*, partindo-se dos dados disponíveis.

Desta forma, por meio da análise do estudo de caso que será apresentado, pretende-se demonstrar os benefícios do refino da aplicação do método *measured mile* em projetos de alta complexibilidade, em função da qualidade dos registros, acarretando resultados mais precisos e a justa quantificação para as partes envolvidas na questão. A definição de refino, neste caso, trata-se dos ajustes necessários aos dados disponibilizados para o cálculo, de forma a se obter o melhor resultado possível.

Na apresentação do caso são descaracterizadas as informações básicas, por conta da confidencialidade que o envolve.

2. METODOLOGIA

A análise apresentada no presente artigo decorre da investigação realizada a partir de uma disputa contratual no âmbito Arbitral. Trata-se da construção de uma refinaria no Brasil.

Para o desenvolvimento do trabalho, a coleta de dados ocorreu de maneira documental, a partir da atuação como Perito do Procedimento Arbitral, partindo-se do arcabouço de informações contido nos autos do procedimento. Bem como, contou-se com o auxílio substancial dos assistentes técnicos das partes, na busca e obtenção de novos documentos para desenvolvimento das análises.

Em posse dos documentos e informações pertinentes, procedeu-se com a análise dos dados encontrados, definição do método de quantificação a ser empregado e sua aplicação.

Assim, a partir de uma abordagem quantitativa, avaliou-se as metodologias de cálculo da perda de produtividade, obtendo a de maior adequabilidade à situação observada.

a. Nota acerca dos dados apresentados

Este artigo não abordará questões relativas à responsabilidade da perda de produtividade vivenciada. A metodologia apresentada demonstrará apenas a sua quantificação, partindo-se do pressuposto de que a redução da produtividade já está comprovada e a sua responsabilidade definida, em conformidade com a ABNT NBR 13.752/1996 e outras referências técnicas pertinentes.

b. Apresentação do caso

O caso analisado corresponde à construção de uma refinaria, sendo um projeto multidisciplinar de grande complexidade. As disciplinas de construção civil, estruturas metálicas e montagem de tubulações representavam mais de 75% dos recursos empregados para a conclusão do projeto. A execução das obras ocorreu entre 2010 e 2015, totalizando mais de 05 anos de obras.

O projeto era dividido em dois lotes, totalmente iguais em suas atividades a serem executadas:

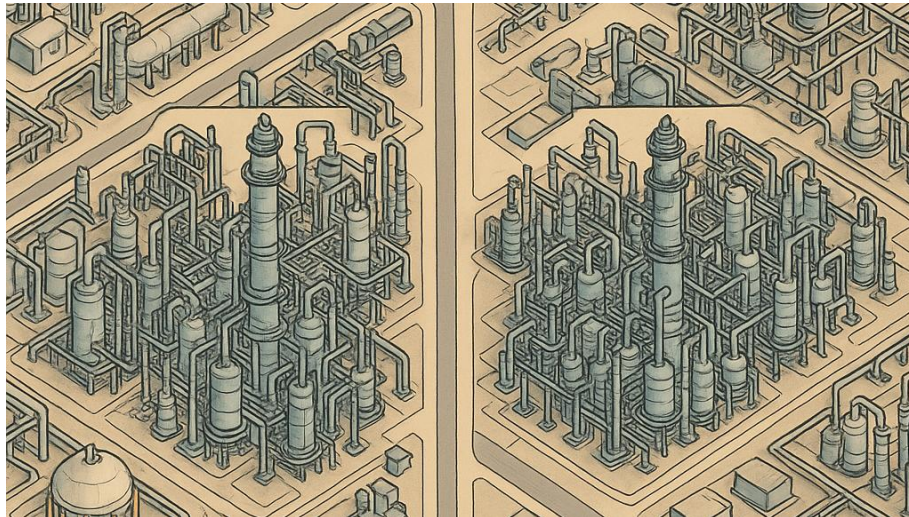


Figura 1: Representação ilustrada das instalações do Lote 01 e Lote 02 (Autores, 2025, gerada por inteligência artificial).

Apesar das atividades dos dois lotes serem exatamente iguais do ponto de vista de construção, elas foram executadas em períodos diferentes, sendo que durante a execução de algumas dessas atividades, houve fatores que impactaram a produtividade empregada. Ou seja, os lotes de atividades, apesar de ambos impactados, não foram impactados por fatores necessariamente idênticos, de mesma proporção e no mesmo período de tempo.

Apesar da construção de ambos os lotes ter se iniciado em pé de igualdade, em decorrência dos fatores vivenciados que acarretaram na redução da produtividade das atividades no projeto, por escolha das partes envolvidas, a construção se deu com a priorização do Lote 01. Dessa forma, objetivando-se que os problemas enfrentados fossem superados e utilizados como aprendizado para o Lote 02.

3. PREMISSAS PARA A QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE PRODUTIVIDADE

Partindo-se da realidade relatada e do arcabouço documental disponível, procedeu-se às definições necessárias para a quantificação da perda de produtividade, conforme seguinte passo a passo e premissas adotadas.

a. Definição das disciplinas construtivas analisadas

Conforme mencionado anteriormente, trata-se de projeto multidisciplinar de alta complexibilidade. Confirmado que devido aos fatores considerados a execução sofreu com a perda de produtividade, foi necessário avaliar as diferentes disciplinas que compunham o projeto, para adequada identificação da perda de produtividade ocorrida.

Percebeu-se, então, que para a avaliação da perda de produtividade, não caberia uma avaliação global do desenvolvimento do projeto com os recursos empregados. Isso se deve ao fato de que o projeto compunha diversas disciplinas distintas, como: tubulação, civil, estruturas metálicas, instrumentação, elétrica, mecânica, dentre outras.

Assim, considerando os fatores reconhecidos que causaram a perda de produtividade, uma avaliação global poderia mascarar a real perda de produtividade vivenciada, seja pela majoração ou redução desta quantificação. Portanto, fez-se necessário a limitação das disciplinas analisadas.

a. Determinação da metodologia empregada

Quanto à determinação da metodologia a ser empregada, a utilização do *Measured Mile* apresentou-se como a mais adequada para o caso estudado. Além de ser considerada a metodologia mais recomendada pela literatura técnica, conforme anteriormente demonstrado, a forma de apropriação dos dados da obra corroborou para a sua utilização.

A documentação evidenciou que durante o período de obra, para as disciplinas de tubulação e estruturas metálicas, foram apropriados mensalmente dados de mão de obra direta empregada, em homem-hora, bem como, foi realizada a apropriação de quantidade de serviços efetivamente realizados por essa mão de obra, em unidades equivalentes ao serviço.

Já para a civil, por se tratar de disciplina composta de diversos serviços, considerou-se o avanço físico mensal verificado e a apropriação de mão de obra direta equivalente, para a execução desses serviços.

Dessa forma, permitiu-se que fosse verificada a produtividade das atividades de cada uma das disciplinas, mês a mês.

b. Determinação dos períodos de produtividade natural e impactada

Para a aplicação do *Measured Mile* fez-se necessária a definição do período no qual seria representada a produtividade natural, para a comparação com o período em que se teve a produtividade impactada.

Pelas análises, constatou-se que todo o período de obra executada foi impactado pelos fatores considerados, tanto para o Lote 01 quanto para o Lote 02, no que se refere às disciplinas de estruturas metálicas e tubulações. Sendo assim, para as referidas disciplinas, a quantificação da perda de produtividade teve de ser realizada pela comparação entre a produtividade em um período menos impactado, com a produtividade em um período impactado, ao longo da execução da obra.

Este mesmo fato não foi observado para a disciplinas de Civil, para a qual verificou-se que a execução dos Lotes havia sido impactada de maneira distinta, razão pela qual fez-se necessária a adoção de outra premissa para o cálculo, conforme será apresentado.

c. Fatores extras a serem considerados

Observou-se ainda que os dados fornecidos, de apropriação de mão-de-obra e de quantidade de execução para as disciplinas, ao longo dos anos de obra, não consideravam os efeitos da sazonalidade de chuvas, na execução dos serviços.

No contrato em questão, os impactos não previstos dos períodos de chuva sobre as atividades eram devidamente observados entre as partes e monetariamente compensados. Portanto, fez-se necessário, dentro da definição dos períodos impactados e não impactados, a avaliação dos efeitos das chuvas extraordinárias, para que a perda de produtividade não fosse majorada em decorrência de efeitos climáticos, já acordado entre as partes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos pressupostos observados, procedeu-se com a efetiva quantificação da perda produtividade, a qual será demonstrada e discutida neste capítulo.

a. Definição das disciplinas construtivas analisadas

Perante o cenário demonstrado, observou-se que, com exceção das disciplinas de civil, estruturas metálicas e tubulação, não havia dados precisos que permitissem avaliação da perda de produtividade para as demais.

Logo, a limitação da análise às três disciplinas citadas fez-se imprescindível para a adequada apuração, diante da qualidade dos dados. Apesar de excluir disciplinas que também foram impactadas, a referida limitação de escopo na análise caracterizou-se suficientemente representativa, considerando que, pela apuração de insumo de mão-de-obra empregada no projeto, estas representam mais de 75% do todo.

É importante destacar que, apesar de consideravelmente representativa, esse foi o primeiro entrave observado para a aplicação do método. A apropriação e o registro adequado para todas as disciplinas teria permitido maior eficiência na avaliação da perda de produtividade, englobando a construção do projeto como um todo.

b. Determinação dos períodos de produtividade natural e impactada

• Disciplinas de Civil e Estruturas Metálicas

Devido à grandeza numérica dos dados, visando a facilidade das análises para a perda de produtividade, utilizou-se o índice inverso da produtividade, o qual denominou-se como consumo de recursos, correspondente à relação entre os recursos de mão de obra, em homem-hora (HH), pela quantidade produzida (Ton). Assim, para essas disciplinas, analisou-se o consumo de recurso, conforme os gráficos adiante:

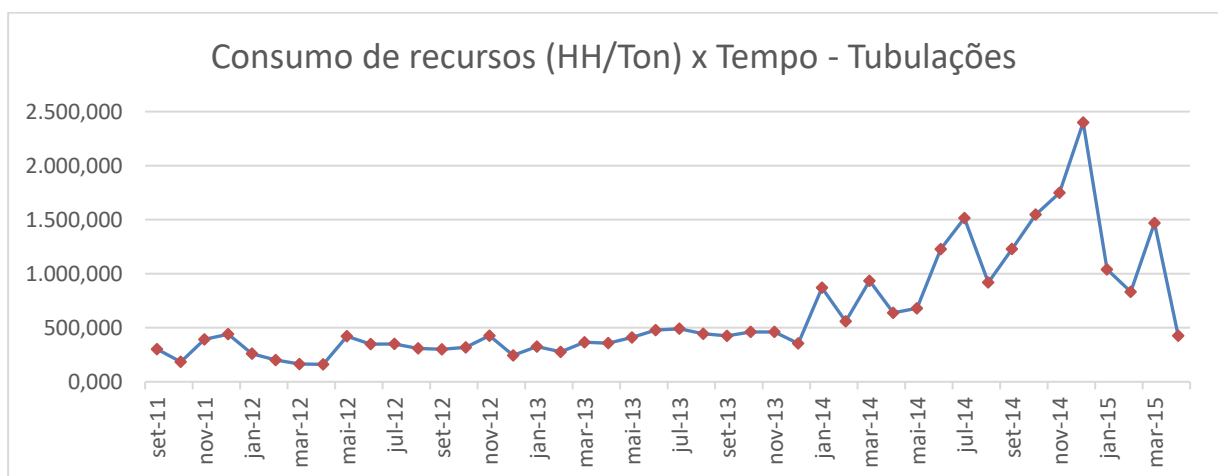


Figura 2: Gráfico de Consumo de Recursos (HH/ton) x Tempo para Tubulações (Autores, 2025).

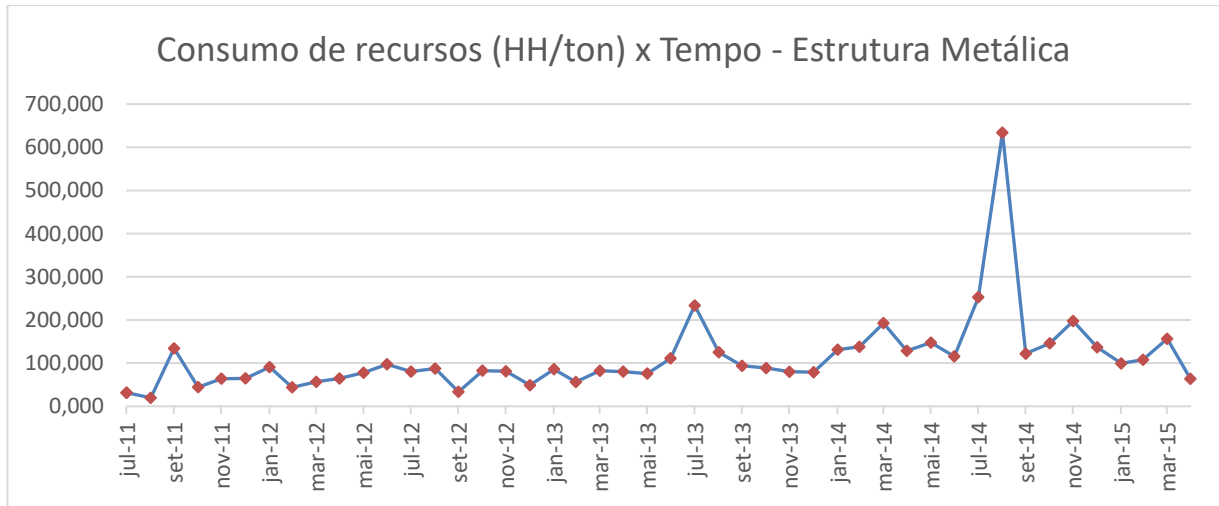


Figura 3: Gráfico de Consumo de Recursos (HH/ton) x Tempo para Estruturas Metálicas (Autores, 2025).

Por meio dos gráficos, observou-se evidentemente que há períodos em que o consumo de recursos foi superior ao patamar que vinha sendo observado, ou seja, confirmando que a produtividade havia sido reduzida, uma vez que, para a execução de uma unidade de serviço, demandava-se maior quantidade de homem-hora.

Contudo, para se definir os períodos impactado e menos impactados, dos dois lotes, foi constatada a segunda grande dificuldade do trabalho, que consistiu em determinar a quantidade de meses a ser considerada em cada um dos períodos.

A definição aplicada foi, então, de se adotar o período de 12 meses na apuração da produtividade natural, pois dessa forma, agrega-se maior confiabilidade, contabilizando efeitos da variação de produtividade por eventos sazonais em ambas as amostras. Portanto, a perda de produtividade nos períodos considerados estaria sendo aquela verificada em decorrência unicamente dos fatores reconhecidos.

Conforme já demonstrado, fez-se necessário também a desconsideração dos efeitos das chuvas na perda da produtividade, o que se considera como o terceiro ponto crítico do trabalho. Para isso, a escolha dos períodos levou em consideração os índices de precipitação acumulada para a região da obra, conforme dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em comparação com os dados da Normal Climatológica de 1981-2010 para a região onde ocorreram as obras.

Assim, identificou-se os seguintes meses com chuvas acima da média histórica, de acordo com cada ano:

- 2011: janeiro, fevereiro, abril, maio, julho e novembro;
- 2012: janeiro e fevereiro;
- 2013: junho, julho, setembro, outubro, novembro e dezembro;
- 2014: janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro;
- 2015: março (analisado apenas até abril).

Na busca pela definição do período não impactado, identificou-se entre março de 2012 e fevereiro de 2013 como não contendo chuvas excepcionais e um período que apresentou uma produção mais homogênea, para ambas as disciplinas de Tubulações e Estruturas Metálicas, em comparação aos demais períodos, como pode ser observado nos gráficos:

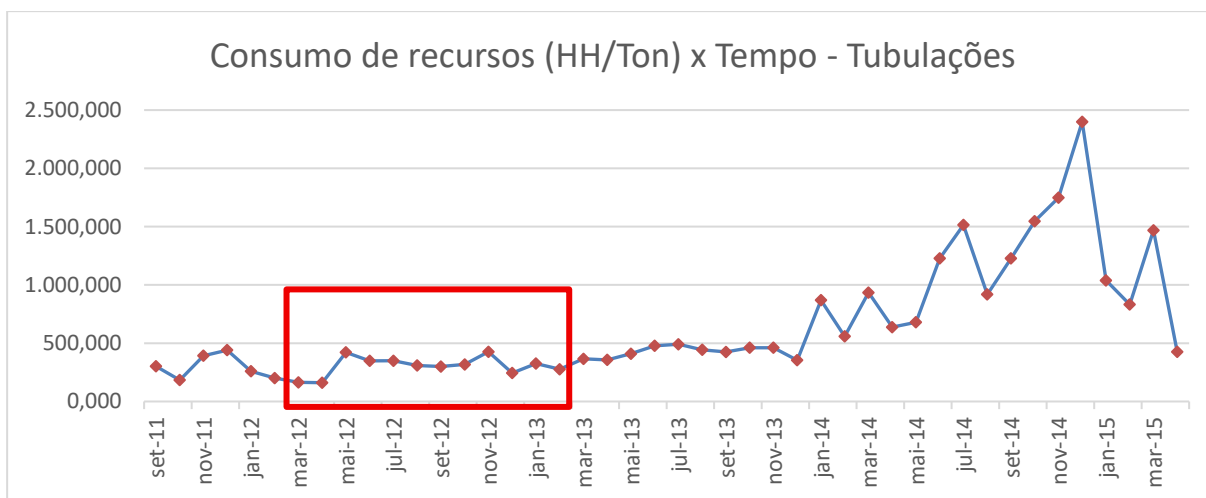


Figura 4: Gráfico de Consumo de Recursos (HH/ton) x Tempo para Tubulações (Autores, 2025).

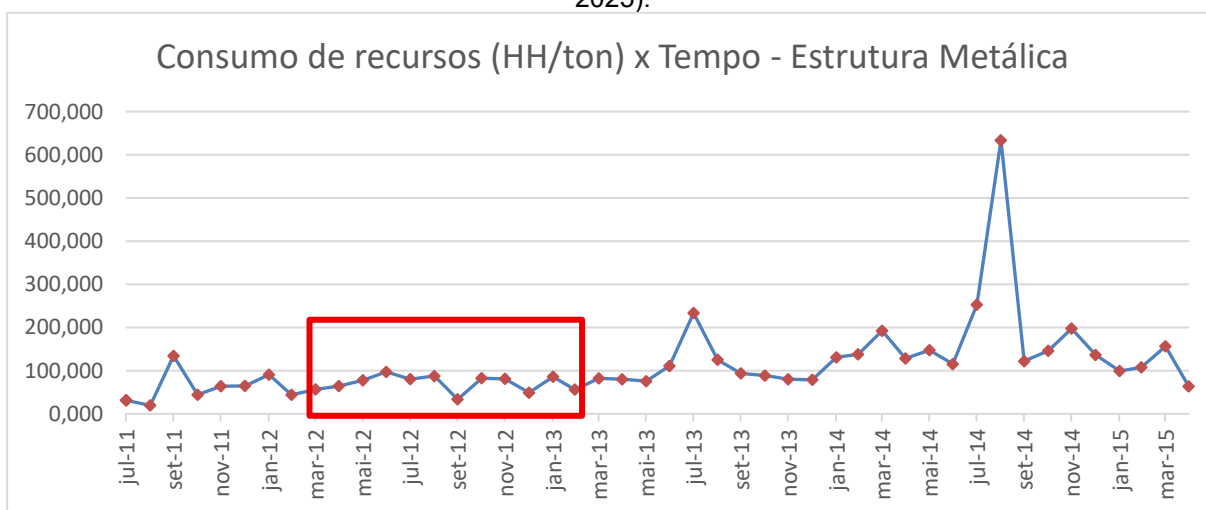


Figura 5: Gráfico de Consumo de Recursos (HH/ton) x Tempo para Estruturas Metálicas (Autores, 2025).

Sendo assim, considerou-se o período entre março de 2012 e fevereiro de 2013 como o menos impactado.

Já para o período impactado, conforme se observa na tabela seguinte e no gráfico presente, que compara a Normal Climatológica de 1981-2010 com as chuvas acumuladas para o ano de 2014, verificou-se que em janeiro e fevereiro houve chuvas em quantidade acima da média histórica:

Tabela 1 – Comparativo entre o Acumulado de precipitação para 2014 e sua Normal Climatológica

Precipitação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	108	145	203	257	299	304	265,4	158	200	145	58	74
1981 - 2010	106	132	211	291	312	391	353,7	218	100	55,2	39	55

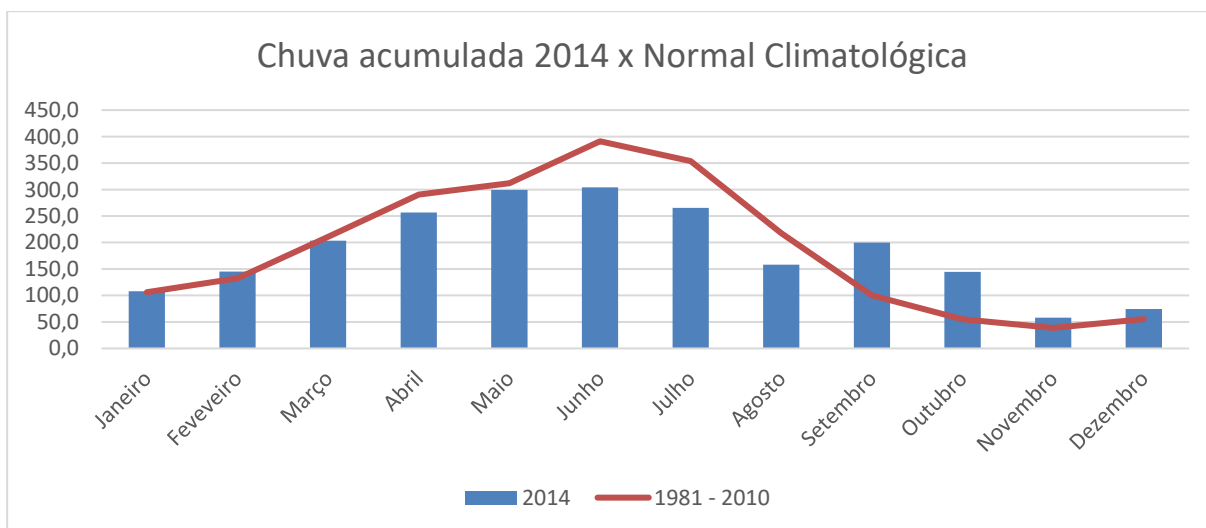


Figura 6: Gráfico de “Chuva Acumulada em 2014 x Normal Climatológica” (Autores, 2025).

Logo, entendeu-se que a queda da produtividade evidenciada para os meses de janeiro e fevereiro de 2014 compreende parcela de efeito causado pelas chuvas, devendo esses meses serem desconsiderados do cálculo do período impactado.

De maneira análoga, observou-se, pelo gráfico anterior, que também ocorreram chuvas atípicas para o período de setembro a dezembro, em um total de 227,6 mm a mais do que o esperado. Em comparação, analisando o gráfico de “Chuva Acumulada em 2013 x Normal Climatológica”, nota-se que também ocorreram chuvas atípicas nos períodos de setembro a dezembro de 2013, totalizando 290,4 mm a mais do que o esperado:

Tabela 2: Comparativo entre o Acumulado de Precipitação para o ano de 2013 e a sua Normal Climatológica.

Precipitação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013	95,2	49,4	98,2	239	318	475	411,4	226	152	134	80	174
1981 - 2010	106	132	211	291	312	391	353,7	218	100	55,2	39	55

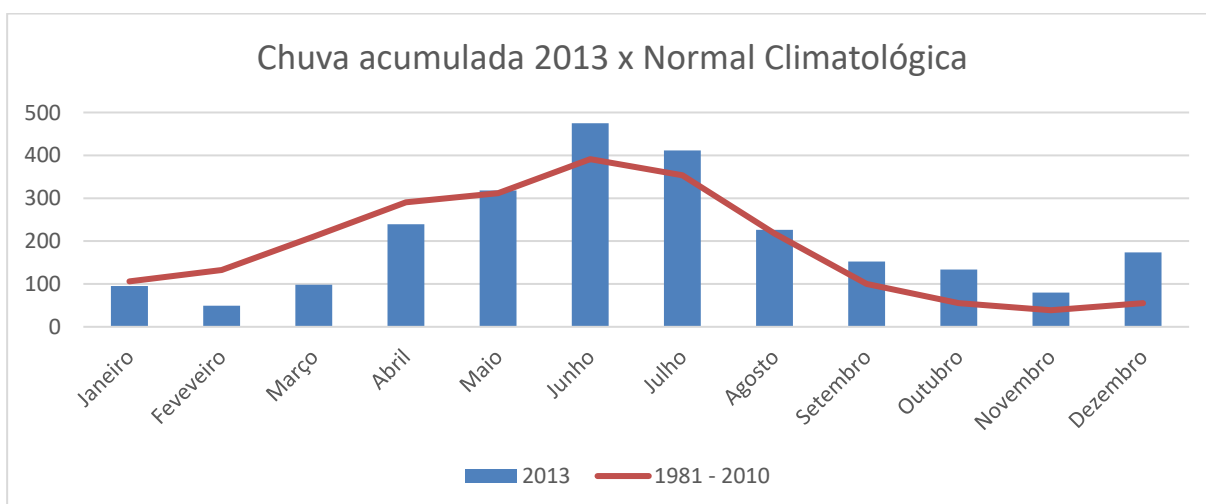


Figura 7: Gráfico de “Chuva Acumulada em 2013 x Normal Climatológica” (Autores, 2025).

Desta maneira, destaca-se que para o mesmo período (setembro a dezembro), em anos distintos (2013 e 2014), houve ocorrência de chuvas acima da média histórica, em quantidades similares. No entanto, ao analisar o gráfico a seguir, observa-se que para os períodos de setembro a dezembro de 2013 e de 2014 há uma diferença significativa no índice de produtividade, mesmo essa produtividade se mantendo relativamente constante em cada um desses períodos (constante no quadrado em verde e constante no quadrado em vermelho):

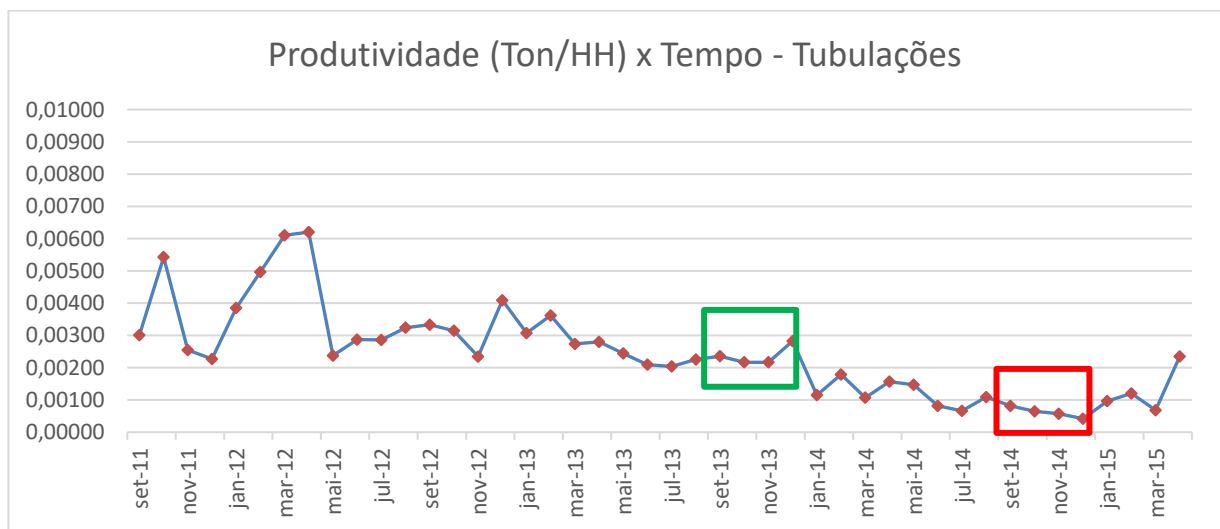


Figura 8: Gráfico de “Produtividade (Ton/HH) x Tempo – Tubulações” (Autores, 2025).

De fato, percebeu-se que, em comparação para os mesmos períodos dos anos de 2013 e 2014, o comportamento das chuvas é semelhante, mas a produtividade não, caracterizada por uma queda acentuada no período de 2014.

Portanto, considerando a diferença significativa entre os períodos para o índice de produtividade, ainda que as chuvas extraordinárias ocorridas tenham se mantido em taxas compatíveis entre si, pode-se inferir que o aumento da perda de produtividade não se deu somente, pelo fator climático, tendo 2014 apresentado efeitos de outros fatores que 2013 não apresentou, justificando a manutenção desses meses como impactados.

Para o mês de março de 2015, observou-se, igualmente, registros de chuvas excepcionais. No entanto, como nos anos anteriores não houve ocorrência de chuvas extraordinárias nesse mesmo mês, não é possível pontuar a real causa da perda de produtividade registrada neste período, motivo pelo qual impossibilita-o de ser considerado no cálculo:

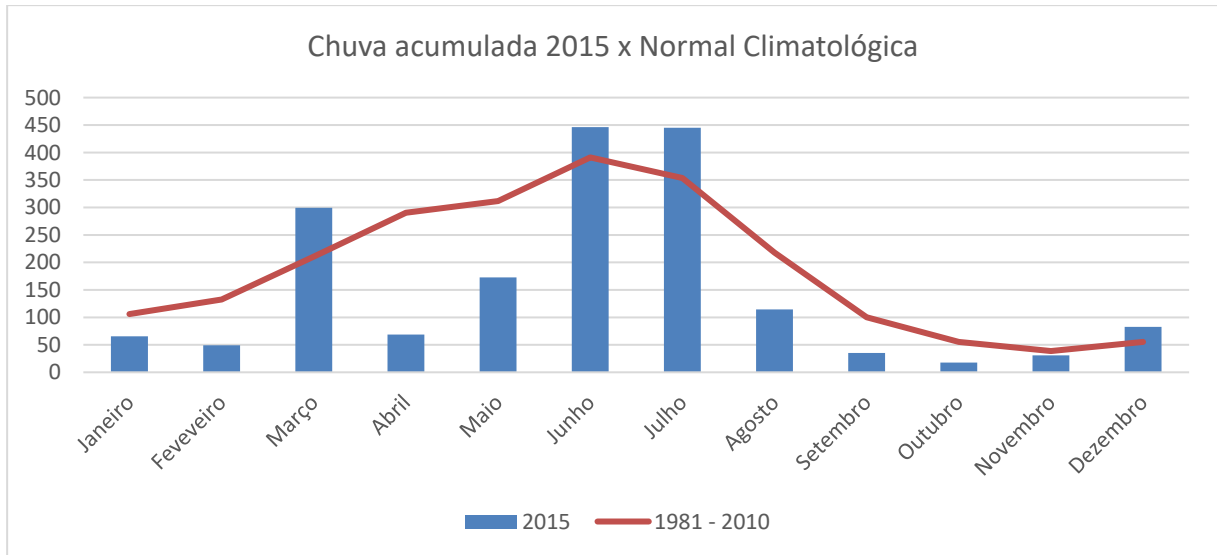


Figura 9: Gráfico de “Chuva acumulada em 2015 x Normal Climatológica” (Autores, 2025).

Ademais, as obras foram finalizadas em abril de 2015. Assim, entende-se que, em virtude das discussões de conclusão de obra e finalização do contrato, o mês de abril de 2015 não deve ser considerado, por ter sido um período atípico de atividades. Este fato é corroborado pelos dados de mão-de-obra empregada no mês, que se mostraram muito inferiores aos demais.

Logo, concluiu-se que, tanto para estruturas metálicas quanto para tubulações, o mais adequado seria considerar, como período não impactado, entre março de 2012 e fevereiro de 2013 e período impactado entre março de 2014 e fevereiro de 2015.

- Disciplina de Civil

De maneira semelhante à análise das outras disciplinas, para as estruturas civis, avaliou-se inicialmente os dados de consumo, considerando Homem-hora por percentual de avanço de execução, visando a determinação dos períodos impactados:

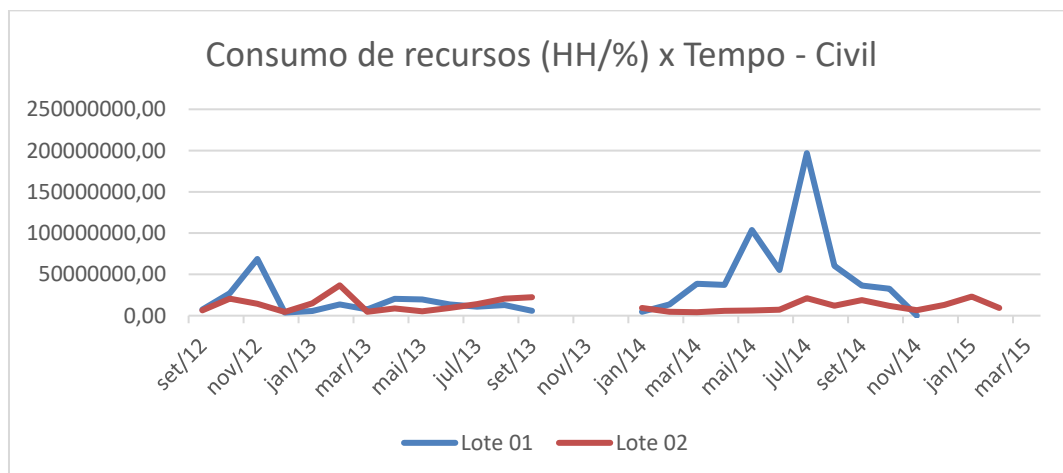


Figura 10: Gráfico de “Consumo x tempo para a disciplina de Civil” (Autores, 2025).

Pelo gráfico, observa-se que os dados disponibilizados não eram contínuos, e se constatou a ausência para alguns meses de obra, o que dificultava a análise linear de produção e de horas empregadas, para todas as disciplinas. Essa foi a quarta grande dificuldade enfrentada no trabalho, pois, para se definir os meses que seriam utilizados como período impactado e não impactado, fazia-se necessário considerar períodos ininterruptos de dados.

Assim, utilizou-se períodos que possuíam todos esses dados. Contudo, não é possível afirmar que essas informações representariam a realidade vivenciada para a obra, tanto para a produtividade natural quanto para a impactada, uma vez que não foi possível avaliar o comportamento da produtividade para todos os meses, devido à falta de registros para alguns deles. Essa realidade, de registros não contínuos, é vivenciada de forma constante nesse tipo de análise, para obras de engenharia, o que reforça a importância de uma adequada administração contratual e elaboração dos registros que irão compor a obra.

Mesmo com a referida limitação, é possível perceber que a tendência gráfica do consumo de recursos evidencia que o consumo fora da produtividade natural ocorreu em período que não contemplava a ausência de informações, permitindo a quantificação da análise.

Ainda, pode-se observar que o consumo de recursos seguiu tendência semelhante, em parte do Lote 01 e na totalidade do Lote 02, indicando que toda a execução do Lote 02 pode ser considerada menos impactada do que a do Lote 01. Sendo assim, definiu-se que o período de execução do Lote 01 seria considerado o período impactado, enquanto a produtividade do Lote 02 representava a produtividade natural, ou seja, período menos impactado.

Além disso, é sabido que o planejamento de uma obra envolve gestão de insumos e alocação de mão de obra a longo, médio e curto prazo. Desta maneira, grupos de atividades são dispostos e encaixados ao longo do cronograma de modo a compatibilizar com as necessidades da obra, podendo demandar níveis de dedicação diferentes, a depender de cada atividade abordada.

Assim, entende-se que, ao comparar períodos temporais iguais para os dois lotes em execução na obra, estando elas com evoluções de obra diferentes, ocorreria, naturalmente, um desvio no comportamento geral da produtividade analisada, pois cada unidade estaria com previsão de atividades distintas que poderiam demandar mão de obra e insumos diferentes, não tendo sido observadas comprovações para tal. Dessa forma, entende-se que, ao se considerar o cálculo da perda de produtividade a partir de evoluções iguais, mas períodos diferentes, os fatores citados são anulados, pois estariam sendo consideradas etapas de serviços semelhantes entre si.

Logo, definiu-se por considerar o percentual de evolução do Lote 01 a partir de setembro de 2012 até sua conclusão, comparando-o com período em que, para o Lote 02, o avanço físico foi semelhante. Em termos efetivos, para o Lote 01 o período considerado englobava o avanço de atividades entre 71,00% e 99,84%, enquanto, para o período considerado no Lote 02, contempla o avanço de aproximadamente 71% a 99,86%.

c. Outros aprimoramentos observados

Conforme já mencionado neste trabalho, o refino do método traduz-se em ajustar as informações disponíveis para que sejam utilizadas de forma adequada, resultando em maior qualidade das análises desenvolvidas. Além da percepção mais

evidente de que a produtividade não poderia ser avaliada de maneira global para o projeto, mas sim, de maneira individualizada por disciplina, fez-se necessários novos aprimoramentos em função da cesta de serviços englobada por cada disciplina.

i. Disciplina de Tubulações

Para a disciplina de tubulações, os serviços compreendiam duas atividades principais: montagem das tubulações e suportes. Assim, conforme os dados dispostos, a apropriação de mão de obra considerava a execução de ambos os serviços, mas a apropriação de toneladas executadas tratava-se apenas da montagem da tubulação. Sendo assim, fez-se necessária a separação das atividades de montagem das tubulações e dos suportes, que possuem índices distintos de produtividade.

Dessa forma, verificou-se que os fatores que causaram a redução da produtividade na execução das tubulações não afetaram os serviços de suporte, limitando-se assim, efetivamente, a análise apenas para os serviços afetados.

Ainda, é necessário destacar que diferentes materiais, como aço liga e aço carbono; e diferentes diâmetros, apresentam diferentes produtividades. Entretanto os dados para estes parâmetros não foram separados em obra, o que limitou a análise, não sendo possível quantificar, em detalhes, a perda de produtividade para os diversos tipos de tubulações. Tem-se, assim, mais uma comprovação da importância da adequada administração contratual durante a ocorrência das obras, para certificar a emissão de registros úteis e rastreáveis.

ii. Disciplina de estruturas metálicas

Para a disciplina de metálicas, os projetos definiam o conjunto de serviços de estrutura metálicas contemplando: estruturas leves, médias e pesadas, além de *inserts* e cobertura; e tapamento. Verificou-se que dentro da apropriação de homem-hora, constou a exata quantidade de HH que foram consumidas para montagem de cada uma dessas estruturas. Logo, de maneira semelhante às tubulações, percebe-se que a produtividade poderia variar, de acordo com o tipo de estrutura metálica.

Entretanto, a apropriação das quantidades executadas não foi registrada, considerando as diferenças estruturais nas estruturas metálicas, conforme mencionado. Este fato demonstra que a ausência desses registros poderia significar distorção na obtenção da perda de produtividade, bem como, que com maior acurácia nos registros, a assertividade poderia ser garantida. Contudo, apesar do reconhecimento de aprimoramento acerca do método empregado, visando a confiabilidade ou não da análise já realizada, buscou-se a validação do método por meio de fontes reconhecidas. Dessa forma, buscou-se índices de referência desenvolvidos pela própria empresa contratante, em que foi possível obter alguns índices de produtividades padrão para estruturas leves, médias e pesadas.

Nesse sentido, na tentativa de se fazer uma verificação, tendo em vista os índices de produtividade da contratante, adotou-se a Análise do Valor Agregado prevista na PR-25 da AACE, que determina o seguinte:

“Unidades físicas de trabalho concluídas multiplicadas pelos índices de orçamento unitário podem ser usadas para determinar horas agregadas. As horas agregadas são então comparadas às horas reais gastas para o período

do impacto e a diferença entre as duas pode ser usada para calcular a perda de produtividade vivenciada". (AACE RP 25R-03, 2004, pg. 17)

Partindo-se então destes dados e dos índices de produtividade para estruturas leves, médias e pesadas, disponíveis no relatório de referência da contratante, verificou-se a quantidade de toneladas que poderiam ser produzidas através da quantidade de HH despendida, o que pôde, então, ser comparado à quantidade real de HH utilizada na obra, tanto no período não impactado (mar/12 a fev/13) quanto no período impactado (mar/14 a fev/15).

Esse comparativo, apesar de não contemplar índices relativos aos *inserts*, coberturas e tapamentos, demonstrou que perda de produtividade efetivamente existiu, mesmo se toda a cesta de serviços fosse completa de estruturas pesadas, médias ou leves. Portanto, apesar da possibilidade de refino da aplicação do método, a ausência dessas informações (se as estruturas chamadas de *inserts*, cobertura e tapamento seriam classificadas como estruturas leves, médias ou pesadas) comprometeu parcialmente a veracidade da análise desenvolvida, pois não foi possível quantificar a perda de produtividade exata para essas estruturas, uma vez que não se sabia se seriam leves, médias ou pesadas, mas foi considerado o cenário mais conservador, como se todos os *inserts*, coberturas e tapamentos fossem classificados como estruturas pesadas.

d. Comparativos de cálculos observados

Diante das considerações demonstradas, obteve-se os cálculos da perda de produtividade para cada uma das disciplinas, os quais serão comparados, a seguir, com os valores obtidos sem os refinamentos técnicos na aplicação do método.

Para isso, para cada disciplina, demonstra-se o valor da perda de produtividade e o custo equivalente obtido a partir de análises considerando diferentes premissas. Sendo assim, tem-se a primeira análise bruta, sem a contribuição dos refinamentos técnicos, e, após "n" análises realizadas, a obtenção daquela que se entende adequada, com o máximo de refino na aplicação do método, conforme já detalhado.

Logo, tornou-se possível demonstrar a grande variação nos resultados obtidos de perda de produtividade, quando comparados os valores obtidos com premissas consideradas não adequadas e a quantificação realizada fazendo uso de todos os parâmetros e refinamentos demonstrados neste trabalho.

i. Disciplina de tubulação

Para a análise comparativa, levou-se em consideração o seguinte:

- Análise 1: Períodos impactados e menos impactados apenas por meio da curva de consumo produtivo;
- Análise 2: Períodos impactados iguais e levando em consideração os efeitos de chuvas;
- Análise 3: Períodos iguais e de baixo índice pluviométrico, sem especificação de parâmetro;
- Análise 4: Períodos impactados iguais, levando-se em consideração os efeitos de chuvas e ajustando a cesta de serviços englobada:

Tabela 3: Resultados para a disciplina de Tubulações.

Disciplina de tubulação				
	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4
Perda de produtividade em HH	1.670.717,74	1.517.605,11	772.340,13	687.237,56
Custo equivalente	R\$ 59.293.772,59	R\$ 53.859.805,35	R\$ 27.410.351,21	R\$ 24.390.061,00
Maior variação encontrada				-143,11%

ii. Disciplina de estruturas metálicas

Para a análise comparativa, levou-se em consideração o seguinte:

- Análise 1: Períodos impactados e menos impactados apenas por meio da curva de consumo produtivo;
- Análise 2: Períodos iguais e de baixo índice pluviométrico, sem especificação de parâmetro;
- Análise 3: Períodos impactados iguais e levando em consideração os efeitos de chuvas:

Tabela 4: Resultados para a disciplina de Estruturas Metálicas.

Disciplina de estrutura metálica			
	Análise 1	Análise 2	Análise 3
Perda de produtividade em HH	140.503,34	46.681,27	121.059,70
Custo equivalente	R\$4.944.312,53	R\$1.642.713,96	R\$4.260.090,84
Maior variação encontrada			159,33%

iii. Disciplina de Civil

Para a análise comparativa, levou-se em consideração o seguinte:

- Análise 1: Períodos impactados e menos impactados apenas por meio da curva de consumo produtivo;
- Análise 2: Períodos iguais em tempo e de baixo índice pluviométrico, sem especificação de parâmetro;
- Análise 3: Períodos impactados iguais em evolução de serviços, levando em consideração os efeitos de chuvas e comparando unidades.

Tabela 5: Resultados para a disciplina de Civil.

Disciplina de civil			
	Análise 1	Análise 2	Análise 3
Perda de produtividade em HH	659.322,29	107.879,70	725.388,14
Custo equivalente	R\$16.120.429,99	R\$2.637.658,72	R\$17.735.740,02
Maior variação encontrada			572,40%

5. CONCLUSÃO

A quantificação da perda de produtividade, especialmente em projetos de grande complexidade e longa duração, exige não apenas domínio metodológico, mas também uma leitura crítica da realidade documental disponível. O estudo de caso apresentado evidenciou que, mesmo com a adoção do método mais reconhecido pela literatura técnica, o *Measured Mile*, a qualidade, consistência e profundidade dos dados impactam diretamente a precisão dos resultados obtidos.

Ao longo do trabalho, identificaram-se diferentes níveis de desafios, desde a ausência de registros detalhados por disciplina e tipo de serviço, até a necessidade de se desconsiderar variáveis externas, como os efeitos climáticos, previamente tratados entre as partes. Tais entraves reforçam a importância de uma gestão documental eficaz ao longo da execução contratual, garantindo que a quantificação dos impactos, quando necessária, possa ser realizada com segurança técnica e respaldo objetivo.

Assim, destaca-se que mesmo diante de um método amplamente reconhecido tecnicamente, é necessário que, para o sucesso da análise desenvolvida, haja o máximo da interação técnica e experiência dos profissionais envolvidos, aliado à minuciosidade dos registros obtidos.

Como foi observada uma variação de até 570% em montantes equivalentes à perda da produtividade quantificada de maneiras diferentes, resta evidenciado que os aprimoramentos promovidos na aplicação do método demonstraram que a análise refinada por disciplina e o ajuste da cesta de serviços contribuem para uma mensuração mais justa e representativa da perda de produtividade vivenciada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.752: Perícias de Engenharia na Construção Civil. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF COST ENGINEERING. **Prática Recomendada da RP 25R-03:** Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção. Morgantown: AACE, 2004.

ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF COST ENGINEERING. **Prática Recomendada da RP 56R-08:** Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção. Morgantown: AACE, 2020.

GEBREHIWET, Tsegay; LUO, Hanbin. Analysis of delay impact on construction project based on RII and correlation coefficient: empirical study. **Procedia Engineering**, Primosten, v. 196, p. 366–374, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Diretrizes para Análise de Produtividade em Perícias de Engenharia.** São Paulo: IBAPE, 2021. Disponível em <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2022/06/Diretrizes-para-Ana%CC%81lise-de-Produtividade-em-Peri%CC%81cias-de-Engenharia-2.pdf>. Acesso em 28 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma Técnica Para Avaliação do Desequilíbrio Econômico-financeiro de Contratos de Obras de Engenharia – IBAPE 003.** São Paulo: IBAPE, 2014. Disponível em www.ibape-nacional.com.br. Acesso em: 29 jun. 2025.

LEE, Jae-Seob. Quantifying costs of the productivity loss due to schedule changes in construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 30, n. 1, p. 56–73, 2023. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-07-2021-0571/full/html>. Acesso em: 01 jul. 2025

LIU, Min; BALLARD, Glenn; IBBS, William A. An improved methodology for selecting similar working days for measured mile analysis. **International Journal of Project Management**, v.29, p. 773-780, 2011. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786310001109>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MARTINS, G. M. **(Im) Produtividade na Construção**. 2014. Disponível em: <https://www.hect.com.br/improdutividade-na-construcao/>. Acesso em 01 jul. 2025.

SOARES, S.R.; BATISTA, B.C; FREITAS, R.R. Análise da produtividade da mão de obra na construção civil: um estudo de caso em uma empresa do Espírito Santo. **Brazilian Journal of Production Engineering (BJPE)**, v.2, n.1, p. 137-149, 2016.

SOCIETY OF CONSTRUCTION LAW. **Delay and Disruption Protocol**. 2. ed. Hinckley: SCL, 2017. Disponível em https://www.scl.org.uk/sites/default/files/documents/SCL_Delay_Protocol_2nd_Edition_Final.pdf. Acesso em: 28 jun. 2025.