

**CONTROLE DE PRODUTIVIDADE E AVANÇO FÍSICO EM OBRAS DE
TERRAPLENAGEM DE LOTEAMENTOS
PRODUCTIVITY CONTROL AND PHYSICAL ADVANCE IN BATCH EARTH
WORKS**

Gabriela de Oliveira Rossi*

Laís Ramos de Moura**

Luis Gustavo Schröder e Braga***

RESUMO

Este artigo demonstra e exemplifica o controle do processo de terraplenagem em obra de loteamentos, destacando sua importância. A terraplenagem é uma etapa crucial em obras de grande infraestrutura e, portanto, é importante estudar maneiras de melhorar o controle da produtividade e do progresso físico deste serviço, pois é uma das etapas mais demoradas e onerosa da obra.

Para este trabalho, utilizamos o caderno técnico da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL e o Sistema Nacional de Pesquisa de Índices e Custos da Construção Civil (SINAPI), que é um banco de dados com preços unitários para serviços de construção civil e uma referência para avaliar os custos de empreendimentos financiados com recursos da união. Executaremos uma comparação com uma obra de loteamento em Juiz de Fora - MG para confrontar e identificar pontos de melhoria no processo produtivo da terraplenagem, buscando progresso físico em menos tempo, com menor custo e maior qualidade.

Palavras-Chave: Terraplenagem, planejamento, produtividade

ABSTRACT

This article demonstrates and exemplifies the control of the earthwork process in subdivision works, highlighting its importance. Earthwork is a crucial step in large infrastructure works and, therefore, it is important to study ways to improve the

control of productivity and physical progress of this service, as it is one of the longest and most expensive stages of the work.

For this work, we used the technical notebook of CAIXA ECONÔMICA FEDERAL and the National System for Researching Indices and Costs of Civil Construction (SINAPI), which is a database with unit prices for civil construction services and a reference for evaluating the costs of projects financed with union resources. We will perform a comparison with a subdivision work in Juiz de Fora - MG to confront and identify points of improvement in the productive process of earthwork, seeking physical progress in less time, with lower cost and higher quality.

Keywords: Earthmoving, planning, productivity

1 – Introdução

Na construção civil uma das etapas mais importantes que deve ser observada pelo engenheiro é o controle da produção diária da obra, para ser realizado uma análise do seu avanço físico real, e poder assim acompanhar se o empreendimento está evoluindo conforme programado ou se será necessário realizar algum plano de ação para que a obra seja finalizada conforme prazo e metas estipuladas pela contratante.

O planejamento não somente facilita a execução de uma obra, mas também fornece aos responsáveis um controle das quantidades, sendo essencial para auxiliar na redução dos custos, atendimento aos prazos, além da otimização, ou seja, a melhor utilização dos recursos.

Neste artigo será abordado sobre o controle do processo de terraplenagem em obras de loteamentos, visando exemplificar e demonstrar a importância do controle dessa etapa. Segundo Silva (2016) a parte de terraplenagem é uma das mais demoradas e com alto custo na obra, sua execução mal realizada pode levar a vários prejuízos, tanto no decorrer de sua construção como em problemas após o seu término.

Ao ser feito o planejamento, deve-se priorizar a análise e o processo da movimentação do solo, pois o terreno que irá receber a obra deve ser devidamente preparado, garantindo uma boa produtividade para o decorrer do andamento do empreendimento, para assim, evitar a perda de materiais, atrasos no cronograma

físico, e gastos não planejados.

A etapa de terraplenagem é de extrema importância em um loteamento, devido ao seu alto custo de execução, e o impacto que ela gera nos outros projetos da obra, como: rede de abastecimento de água, rede de esgoto, rede hidráulica e pavimentação.

De acordo com Hoffmann (2019) cada tipo de loteamento tem suas características específicas como por exemplo: quantidade de terra a ser movimentado, área quadrada, facilidade de acesso, etc. É possível se fazer a terraplenagem utilizando certos tipos de equipamentos, onde cada um tem suas características específicas, como: custo e velocidade de trabalho, além de que, cada máquina trabalha melhor se combinado com um certo conjunto específico de equipamentos.

2 – Referencial Teórico

2.1 – Terraplenagem – Conceitos e características

O termo “terrapienagem” pode ser definido como sendo: “O conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde esteja em falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado.” (RICARDO E CATALANI, 2007).

Terrapienagem são trabalhos de engenharia criados através da execução e processamento de partes da superfície terrestre envolvendo quantidades de solo ou rocha não formada. Os trabalhos de terrapienagem típicos incluem estradas, caminhos ferroviários, calçadas, barragens, diques, canais e bermas. Outros tipos de terrapienagens comuns são a classificação de terra para reconfigurar a topografia de um terreno ou para estabilizar encostas (TULER; SARAIVA, 2014).

Os profissionais da engenharia precisam se preocupar com questões de engenharia geotécnica (como densidade e força do solo) e com estimativa de quantidade para garantir que os volumes do solo nos cortes correspondam aos dos enchimentos, minimizando a distância do movimento (MASSAD, 2010).

Segundo descreve Massad (2010), essa preocupação se deve ao alto valor gasto com esse processo de trabalho, já que o custo de terrapienagem é uma função da “quantidade transportada x distância transportada”.

A terrapienagem é parte integrante de muitos projetos de construção, onde

suas principais etapas estão classificadas em: Escavação, técnica aplicada para adequar a topografia original de um terreno ao projeto de construção; Carregamento, Transporte e Descarregamentos, realizados por caminhões basculantes afim de movimentar o material e Espalhamento e Compactação, o espalhamento é a etapa em que o material é distribuído no local de terraplenagem e a compactação é a execução do aterro e compactação do solo, caso seja necessário. Também envolve a limpeza do local, o carregamento e espalhamento do solo, e a compactação e nivelamento do solo. A orientação heterogênea das partículas do solo e a interação das partículas do solo com a umidade desempenham um papel importante no comportamento do solo sob o equipamento de terraplenagem (QUEIROZ, 2009).

Após os serviços de terraplenagem em obras viárias, tem-se então uma estrutura construída sobre a superfície de um leito natural obtida com a implementação das etapas necessárias sobre um determinado terreno, e sobre essa estrutura é feito então a etapa de revestimento superficial dando origem ao pavimento (TULER; SARAIVA, 2014).

2.2 – Maquinários e equipamentos para execução de terraplenagem

As máquinas de terraplenagem são fundamentais nas obras de construção civil, pois possibilitam a conformação do relevo terrestre mediante o corte e aterro (SANHUEZA& DIEZ, 2014, p.1). Dessa forma, a terraplenagem permite o nivelamento do terreno, fazendo com que este receba qualquer tipo de construção, além de ser essencial para a segurança da área construída, permitindo que as fundações das obras sejam bem estruturadas.

Para garantir uma eficiente obra de terraplenagem é necessário, além do acompanhamento de um profissional qualificado, a boa escolha de equipamentos e máquinas para cada etapa específica, para assim se alcançar a produtividade esperada. O desempenho de uma máquina deve ser medido, em última análise, pelo custo unitário do material removido, medida que inclui tanto a produção quanto os custos (MANUAL DE PRODUÇÃO CATERPILLAR, 2000, p.4). Apesar de existirem diversos equipamentos com capacidade de executar serviços semelhantes, cada um possui características que os distinguem entre si, como por exemplo, rendimento e área de aplicação.

Obras de terraplenagem tem um custo bastante elevado quando comparado com o custo total de obra. Devido a isso, o cálculo da produtividade dos

equipamentos que irão integrar a patrulha do serviço é de suma importância, uma vez que os equipamentos trabalham em repetições de ciclos e executam as mesmas tarefas em vários trechos, a otimização dos processos, redução ou melhor aproveitamento de um equipamento sem perda de produtividade promove um alto ganho ao final (SILVA, 2020).

2.2.1 – Escavadeiras

As escavadeiras ou pás-mecânicas são equipamentos constituídos por uma infraestrutura, em geral apoiada sobre esteiras, que suporta conjunto superior que pode girar em torno de seu eixo vertical (RATTON, 2015).

As unidades escavo-carregadoras são equipamentos que fazem a escavação e carga de material. Nos serviços de terraplenagem, normalmente, são utilizadas para efetuar serviços de “corte” de material e/ou escavação e carga de material de jazida. São exemplos de unidades escavo-carregadoras: escavadeiras, carregadeiras de rodas e retroescavadeiras (ALVES, 2021).

No caso da escavadeira, “como acontece com qualquer outro equipamento de manipulação de materiais, a produção depende da carga útil média da caçamba, do tempo médio do ciclo e da eficiência do trabalho” (CATERPILLAR, 2000, p.5-157).

2.2.2 – Caminhão basculante

O Caminhão Basculante, conhecido popularmente de caminhão caçamba, é responsável pelo transporte dos resíduos em obra de terraplenagem, usado ainda para carregar materiais da área de empréstimo para a obra. Em complemento utiliza-se a pá carregadeira conduzir o material e despeja-lo na caçamba do caminhão basculante (NUNES, 2021).

As unidades transportadoras são utilizadas em operação conjunta com as escavo carregadoras, realizando as operações básicas de transporte e de descarga (RICARDO e CATALANI, 2007, p.190).

2.3 – Controle de produção e avanço físico

A produtividade de uma equipe, pessoa ou equipamento é definida como “a quantidade de unidades de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado, normalmente hora. A produtividade indica a eficiência em transformar

energia (e tempo) em produto. ” (MATTOS, 2006, p.70).

Contudo, além do tempo e da quantidade de serviço executada em um ciclo, outros fatores podem afetar a produção de um equipamento, como por exemplo tipo de material utilizado, experiência do operador, clima, manutenção mecânica, paradas não programadas da equipe, dimensionamento incorreto da patrulha, etc. Estas variáveis podem reduzir o rendimento esperado e forçar a máquina a trabalhar menos tempo que o previsto (ALVES, 2021).

Nesse cenário, surge o conceito de eficiência operacional, também conhecida como coeficiente de rendimento ou Fator de eficiência (FE). De acordo com (Alves 2021) esta grandeza exprime o percentual de utilização efetiva do equipamento, na execução de uma determinada tarefa. Seu cálculo é feito conforme expressão (1):

$$FE = \frac{HORAS\ EFETIVAMENTE\ TRABALHADAS}{HORAS\ EFETIVAMENTE\ DISPONÍVEIS} \quad (1)$$

Onde:

FE: fator de eficiência

HORAS EFETIVAMENTE TRABALHADAS: tempo diário em que o profissional está em atividade, cumprindo as suas funções, conforme o contrato.

HORAS EFETIVAMENTE DISPONÍVEIS: dias em que a precipitação diária excede a 5 mm de chuva, situação em que os serviços de campo são seriamente afetados e a operação é paralisada.

“A aplicação deste fator mostra-se necessária para incorporar ao modelo os tempos em alterações de serviço ou deslocamentos do equipamento entre frentes de trabalho, preparação das máquinas e atividades de manutenção, entre outros” (BRASIL, 2017b, p.26).

É importante destacar que o FE não incorpora tempos de parada em face de chuvas ou de manutenção pesada. Por outro lado, essa grandeza sobraça tempos de parada para manutenção leve e lubrificação, espera por outras máquinas (nos casos de ciclos conjuntos), paradas provocadas pelo operador, paradas necessárias para movimentação, posicionamento e/ou espera para início dos trabalhos (ALVES, 2021).

2.4 – Caixa Econômica Federal

Ao longo dos seus 162 anos de existência, a Caixa Econômica Federal (CEF), sempre esteve conectada às classes sociais mais pobres, promovendo a inclusão de indivíduos na sociedade, seja com abertura de cadernetas de poupança, operações de penhor, seja promovendo obras de saneamento e, nos últimos 37 anos, financiando a compra da casa própria (D'ÁMICO, 2011)002Eb

Na habitação, a Caixa assumiu importante papel a partir da extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1986 quando passou a ser a principal instituição capaz de realizar financiamentos imobiliários no país. Apesar do aumento da carteira habitacional de outros bancos, como por exemplo o Banco do Brasil e o Santander, a Caixa continuou a ser o maior agente no país, na área habitacional. É possível afirmar, portanto, que a inclusão da Caixa na política nacional de habitação na condição de agente executor, graças a uma série de fatores dentre os quais se destaca a capilaridade da sua rede de atendimento, é uma das primeiras condições a serem cumpridas para o sucesso de qualquer programa nessa área (D'ÁMICO, 2011).

O Sistema Nacional de Pesquisa de Índices e Custos da Construção Civil (SINAPI) é um banco de dados de composições de preço unitário de serviços da construção civil gerenciado de forma compartilhada pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sendo responsabilidade da CAIXA a base técnica de engenharia e o processamento de dados e atribuição do IBGE a pesquisa mensal de preço, metodologia e formação dos índices.

No ano de 2009, a CAIXA iniciou o processo de publicação na internet dos serviços e custos do Banco Referencial, base constituída de composições advindas da consolidação dos bancos de dados fornecidos por instituições públicas ao SINAPI. A partir de então, o Banco Referencial tornou-se a fonte principal de consulta pública de custos da construção civil. Como forma de possibilitar os profissionais da indústria da construção civil e o público em geral conhecer em detalhes as características do SINAPI, a CAIXA publica em seu site, os Relatórios de Insumos e Composições, o Manual de Metodologias e Conceitos, as Composições Analíticas Unitárias (Catálogo de Composições) e os Cadernos técnicos das Composições.

Os relatórios de insumos da CAIXA apresentam informações sobre os preços medianos da mão de obra, dos materiais e dos equipamentos empregados na construção civil. O IBGE coleta os preços, mensalmente, em todos os estados da federação, os quais são atualizados por processamento de carga na base de dados

do SINAPI.

O Manual, apresenta as metodologias e conceitos gerais utilizados para a construção das referências técnicas do SINAPI, bem como detalha, de forma específica, aspectos relacionados aos Custos Horários de Equipamentos, Encargos Sociais e Encargos Sociais Complementares (MENEZES, 2016).

Neste trabalho serão utilizados o caderno técnico e a composição analítica da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, onde é descrito todos os insumos e equipamentos para produção de serviços e maquinários necessários para uma obra de terraplenagem, como base de comparação a uma obra de execução de um loteamento em Juiz de Fora, MG. Será feito mapeamento comparativo entre planilha da Caixa Econômica Federal e o projeto, através de similaridade, confiança e melhoria para identificar o melhor processo produtivo visando avanço físico em menor tempo, menor custo e maior qualidade.

3 – Metodologia

Para embasamento dessa fase, fez-se uso da pesquisa bibliográfica de material disponibilizado, como: livros, dissertações, artigos, etc., textos sobre estruturação documental, ferramentas e seu poder de contribuição com as fases do ciclo de vida do empreendimento, e de estudos de casos semelhantes.

Além disso, no tratamento dos dados e obtenção de maiores informações sobre a temática abordada, em particular à construção de loteamentos, desde o projeto, e com foco mais em textos sobre a execução de obras de loteamentos. Esse estudo tratará do planejamento e gestão utilizada pela Estrela Urbanidade, na construção de seus loteamentos, enfatizando o controle de produtividade e o avanço físico na obra de terraplenagem.

Esta pesquisa é de caráter exploratório e se baseia em um estudo de caso.

Será abordado e confrontado o material proposto pela Caixa Econômica Federal no Sistema Nacional de pesquisas de custos e índices da construção civil (SINAPI), utilizando os dados do caderno técnico de composições para escavação vertical, e a execução in loco de uma obra de terraplenagem em Juiz de Fora – MG.

A execução dos serviços de terraplenagem envolve principalmente a realização das seguintes operações: Escavação, carregamento ou carga, transporte, descarregamentos ou descarga e espalhamento e compactação de aterros (BRASIL, 2017). O trabalho dos equipamentos de terraplenagem se repete através do tempo,

de forma cíclica, isto é terminada uma sequência de operações, inicia-se a seguinte, na mesma ordem que a anterior (RICARDO e CATALANI, 2007).

O ciclo é, portanto, o conjunto de operações que o equipamento executa em um certo período de tempo, retornando pôr fim à posição inicial para executá-las novamente (MATTOS, 2006).

O conhecimento destes tempos, bem como da quantidade de serviço executado, são fatores fundamentais para dimensionar e acompanhar a produtividade e o avanço de uma obra de terraplenagem.

Afim de quantificar a pesquisa foi escolhido confrontar os dados de escavação vertical a céu aberto, em obras de infraestrutura, em solo de 1ª categoria com escadeira hidráulica (caçamba 1,2 m³/155 HP), frota de 4 caminhões basculantes de 10 m³, DMT (Distância média de transporte) até 1 KM e velocidade média 14 KM/H (SINAPI, 2020, pg 202).

Nesta pesquisa foi escolhido três itens à serem comparados e analisados:

Item 1:Tempo de carregamento de escavadeira hidráulica em caminhão basculante.

Os tempos de carregamento foram calculados a partir dos valores medidos em campo, considerando a capacidade do caminhão, a potência e o volume da caçamba da escavadeira. Para as condições desta composição, ilustrada pela figura 1, o tempo mediano encontrado pela Caixa Econômica Federal foi de **2 minutos e 19 segundos**.



Fonte: As autoras(2023).

Item 2: Tempo de manobra do caminhão basculante.

Os tempos de manobra, ilustrado pela figura 2, foram calculados a partir dos valores medidos em campo. Para obras de infraestrutura o tempo considerado foi de **1 minuto e 48 segundos**.

Figura 2: Manobra de caminhão basculante de 10 m³



Fonte: As autoras(2023).

Item 3: Tempo de descarregamento de escavadeira hidráulica em caminhão basculante.

Os tempos de descarregamento, ilustrado pela figura 3, foram calculados a partir dos valores medidos em campo. Para destinação do material escavado interno à obra (onde há compensação de corte aterro dentro do mesmo empreendimento, sem restringir o acesso dos caminhões), o tempo mediano de descarregamento encontrado foi de **2 minutos e 15 segundos**.

Figura 3: Descarregamento de caminhão basculante em área de aterro.



Fonte: As autoras(2023).

4 – Resultados e Discussões

A partir dos resultados apresentados nos quadros 1, 2 e 3 foram realizadas análises dos 3 itens obtidos pela CAIXA listados acima, sendo assim, iniciaram-se os levantamentos dos dados durante alguns dias com diferentes climas e temperaturas para obtermos uma análise mais crítica, assertiva e podermos realizar uma comparação justa com os dados apresentado pelo SINAPI – CAIXA ECONÔMICA FEDERAL.

Foi escolhido esses 3 itens específicos listados pela CAIXA para ser feito a análise deste trabalho, pois são itens que apresentam dados quantitativos, de tempo de serviço, e que seria o adequado para uma comparação com os dados levantados na obra do loteamento escolhido, e ser feito o estudo.

Durante o período do estudo do caso, foi observado alguns pontos que são determinantes para a produtividade do serviço de terraplenagem, detalhes que devem ser levados em consideração e que não são especificados no caderno técnico da CAIXA. Porém são pontos que podem influenciar negativamente ou positivamente o andamento da produção diária e o avanço físico da obra. Com intuito de observar como essas informações poderiam orientar o planejamento e o controle da obra, se o desempenho estava em déficit e se a produção das equipes há relação com os aspectos que influenciaram tal produtividade. Lembrando que os dados foram comparados entre os índices apurados in loco da atividade e com as tabelas SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, que são um conjunto de dados técnicos elaborados pela Caixa Econômica Federal em conjunto com o IBGE. Sendo o objetivo dela, fornecer uma base de referência para orçamentos de construção civil.

Os dados apurados e apresentados no Quadro 1 se refere ao levantamento de 3 tempos diferentes do serviço de carregamento de escavadeira hidráulica em caminhão basculante, coletados em dias distintos, observando os mesmos operadores. Foi analisado os operadores que estavam produzindo cortes parecidos para uma análise assertiva.

Quadro 1: Amostras item 1

Item 1 - Carregamento de Escavadeira Hidráulica em Caminhão Basculante				
Operadores	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo Médio
Operador 1	02 min 01 s	01 min 48 s	01 min 56 s	1,55 min
Operador 2	01 min 40 s	01 min 58 s	01 min 51 s	1,49 min
Operador 3	01 min 55 s	02 min 35 s	02 min 35 s	2,11 min

Fonte: As autoras(2023)

Como podemos visualizar no quadro 1, o operador 1 e operador 2 possuem tempo médios bem próximos, e o operador 3 com um tempo médio bem descolado dos outros, uma diferença de 0,56 minutos do operador 1 e 0,62 minutos do operador 2, onde com a pesquisa de campo foi analisado que os operadores 1 e 2 possuem mais tempo de trabalho na atividade analisada, tornando assim seus tempos melhores.

No quadro 2 foi feito um levantamento do serviço de manobra de caminhão basculante, que consiste no tempo que o caminhão gasta após o descarregamento

do material da caçamba, para chegar na escavadeira para poder efetuar um novo carregamento.

Quadro 2: Amostras item 2

Item 2 - Manobra de Caminhão Basculante				
Operadores	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo Médio
Operador 1	02 min 30 s	03 min 21 s	03 min 45 s	03 min 12 s
Operador 2	04 min 44 s	03 min 52 s	04 min 23 s	04 min 19 s
Operador 3	05 min 20 s	04 min 11 s	04 min 02 s	04 min 31 s

Fonte: As autoras(2023)

De acordo com os tempos médios, podemos chegar a conclusão que é uma média bem acima do esperado, porém, ao analisar a distancia da área de corte, vimos que está muito longe, tornando assim uma viagem mais demorada.

No quadro 3 é apresentado os tempos de descarregamento de caminhão basculante, que se refere ao tempo que o caminhão leva para sair do local onde foi feito o carregamento com a escavadeira, até chegar ao local que vai ser feito o descarregamento do material para as áreas de aterro.

Quadro 3: Amostras item 3

Item 3 - Descarregamento de Caminhão Basculante				
Operadores	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo Médio
Operador 1	01 min 09 s	01 min 25 s	01 min 44 s	01 min 26 s
Operador 2	02 min 01 s	02 min 14 s	02 min 22 s	02 min 12 s
Operador 3	01 min 15 s	01 min 29 s	01 min 33 s	01 min 25 s

Fonte: As autoras(2023)

Nesse caso, foi observado que o operador 2 teve um tempo acima dos operadores 1 e 3, em função da demora na fila para realizar o descarregamento.

A análise final dos resultados obtidos, como pode ser observado no quadro 4, levou à elaboração de propostas de diretrizes de ações para melhoria dos processos estudados.

Quadro 4: Comparativo SINAPI x OBRA

Item	Descrição	CAIXA SINAPI	Obra Tempo médio	Resultado	Ação
1	Tempo de carregamento de escavadeira hidráulica em caminhão basculante	02 min 19 s	01 min 58 s	Obra com diferença de 30 segundos mais rápida que o tempo da CAIXA	Foi constatado que a experiência do operador é fundamental para o melhor aproveitamento do tempo
2	Tempo de manobra de caminhão basculante	01 min 48 s	04 min 00 s	Tempo da obra resultou em 02 min e 12 segundos mais lento que o tempo disponibilizado pela CAIXA	Observado a importância de ter uma boa logística, para gerenciar e organizar que as áreas de corte possam ser o mais próxima possível das áreas de aterro.
3	Tempo de descarregamento de caminhão basculante	02 min 15 s	01 min 41 s	Obra apresentou um tempo de 34 segundos mais rápido que o tempo da CAIXA	Necessário gerenciamento quanto à liberação dos caminhões após o carregamento para que não tenha trânsito de caminhões aguardando o descarregamento

Fonte: As autoras(2023).

De acordo com o quadro 4, é possível observar no item 1 que a experiência do operador 2 faz muita diferença, apesar de não parecer muita, quando é aberto o campo de estudo entre o operador 2 e o operador 3, temos estatísticas bem expressivas como mostra na figura 1, pode-se visualizar também o quanto tem de ganho em um mês, como mostra o gráfico 1. Já no item 2, a grande diferença dos tempos médios se dá pelo fato da área de corte estar muito distante da área de aterro, onde a CAIXA não realiza esse detalhamento e visualiza de forma mais genérica, tornando o tempo médio totalmente inferior ao praticado pela obra, como podemos observar no gráfico 2. Finalizando com o item 3, foi observado que é necessário ter uma boa gestão quanto à liberação dos caminhões após seu carregamento, pois pode ser gerado trânsito para descarregamento a depender da velocidade que esse caminhão é carregado, onerando totalmente o tempo médio.

Figura 1: Percentual de ganho.

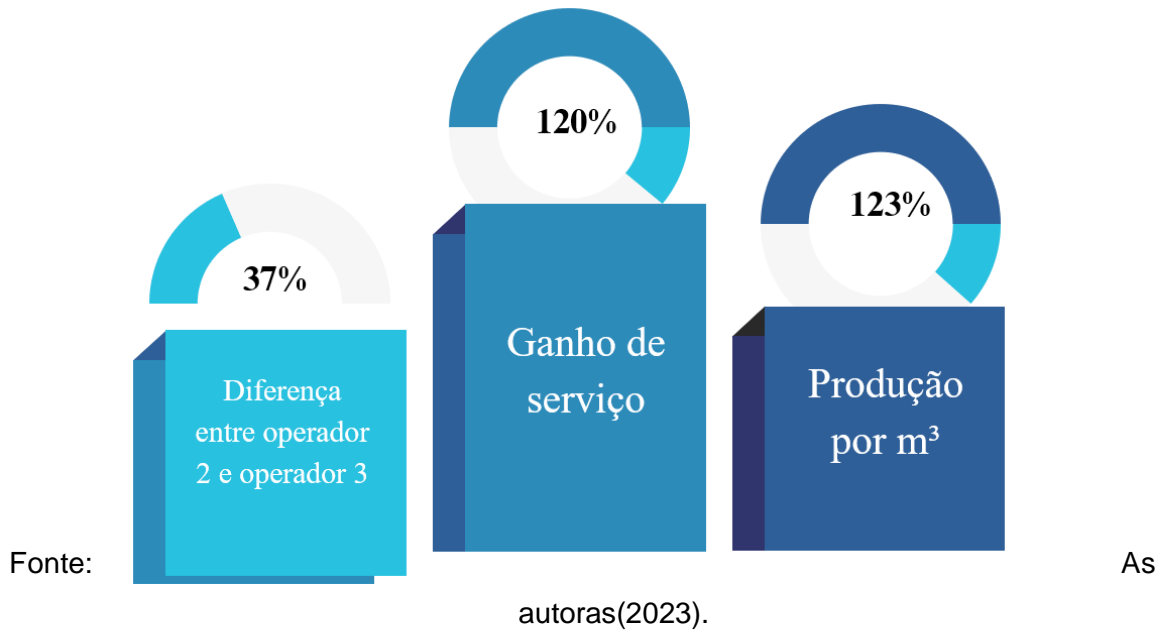
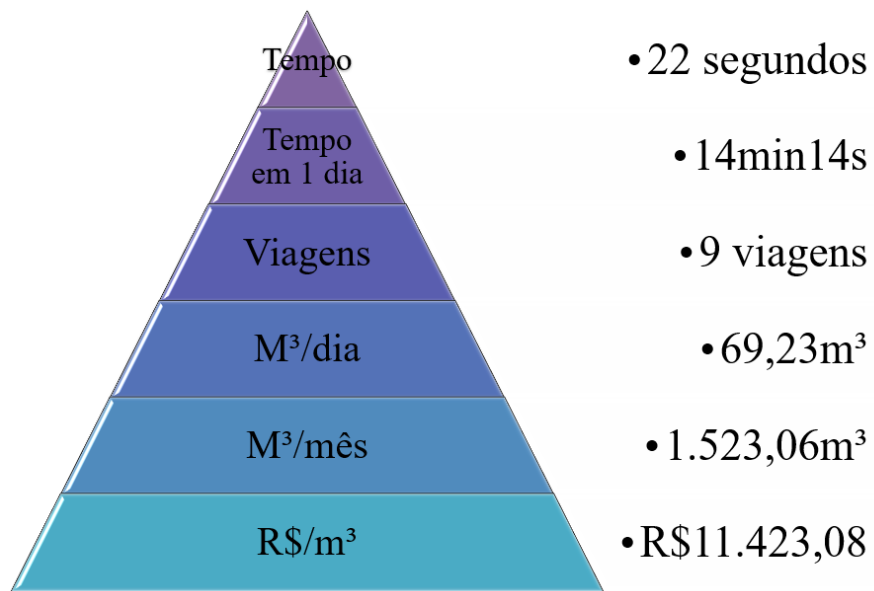
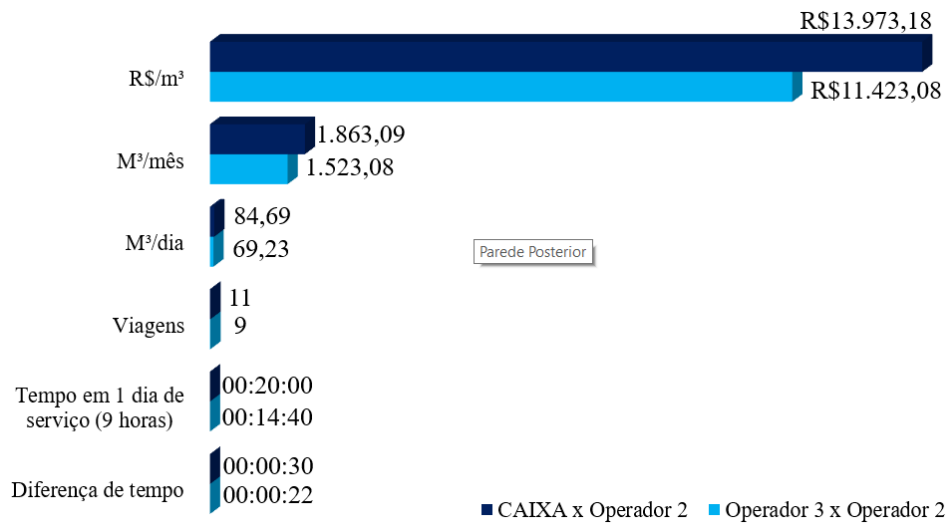


Gráfico 1: Demonstração de ganho com tempo de 22s.



Fonte: As autoras(2023).

Gráfico 2: Comparativo Operador 2 x Caixa.

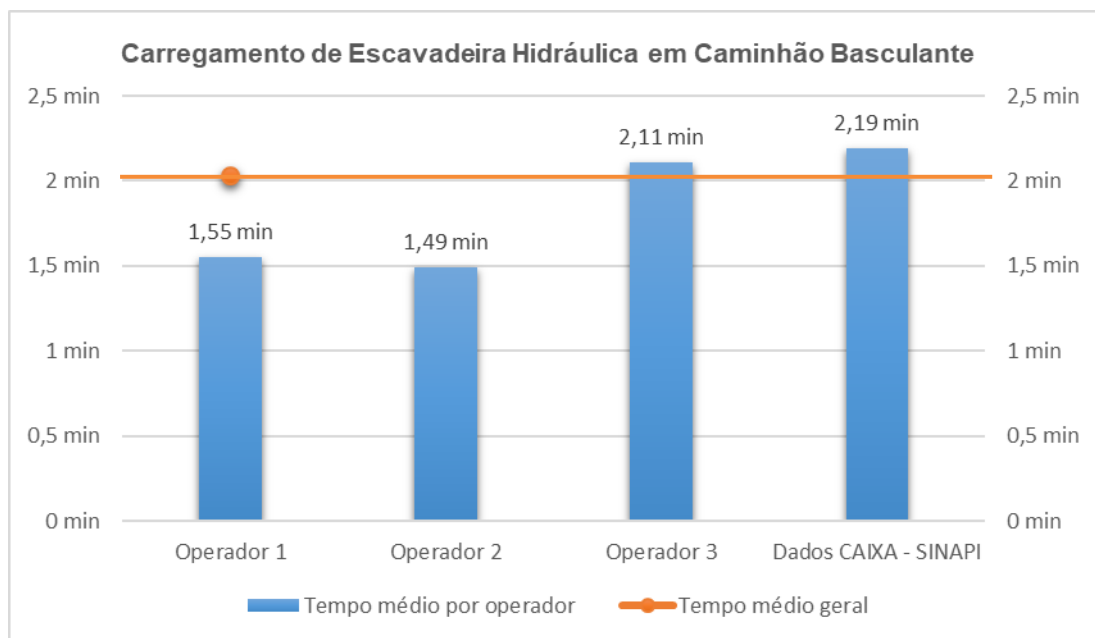


Fonte: As autoras(2023).

• **PRODUTIVIDADE DO OPERADOR:**

É possível observar no gráfico 2, o comparativo referente ao tempo médio de três operadores diferentes, que foi observado ao ser realizado o estudo de caso no loteamento em Juiz de Fora, Minas Gerais, juntamente com o tempo médio apresentado pela CAIXA – SINAPI para execução do serviço de carregamento de escavadeira hidráulica em caminhão basculante.

Gráfico2: Comparativo de tempo por diferentes operadores



Fonte: As autoras(2023).

Apesar de parecer pouca diferença, ao compararmos o tempo médio do operador 2 (1min49s) com o do operador 3 (2min11s) por exemplo, temos uma diferença de 22 segundos entre os dois. Quando colocamos em visão mais abrangente durante 1 dia inteiro de trabalho (9 horas efetivamente trabalhadas), se cada operador carregar 40 caminhões pode-se ter um ganho de 14min40s de serviço a mais, o que poderia resultar em até 9 viagens de vantagem.

Portanto, pode-se observar a diferença que faz alguns segundos na produtividade de um carregamento, e a experiência do operador, a forma de manuseio do equipamento influencia muito na quantidade de produção que um equipamento é capaz de realizar.

Nas grandes obras de terraplenagem de infraestrutura de loteamentos, a maioria desse tipo de serviço é fechado o pagamento atrás do valor do corte em m³.

Portanto para conseguirmos identificar em termos de produção por m³ podemos utilizar a seguinte fórmula conforme exemplificado na equação 2:

$$P = \frac{N \times VmC}{E} \quad (2)$$

Onde:

P = Produção diária em m³

N = Número de viagens de caminhão

VmC = Volume de caminhão basculante

E = Fator de Empolamento

Ao escavar o solo, a terra fica solta e passa a ocupar mais espaço, esse efeito é conhecido como empolamento e é expresso em porcentagem. Na análise realizada foi considerado um empolamento de 30%, e observado um caminhão com capacidade de volume de 10 m³.

Ainda observando a diferença de 22 segundos, ou 9 viagens, comparando a diferença nos tempos do operador 2 e o operador 3, executamos o cálculo exemplificado na equação 3 para encontrar a metragem cúbica:

$$P = \frac{9 \times 10}{1,3}$$

$$P = 69,23 \text{ m}^3 \quad (3)$$

Portanto em um dia de serviço de 9 horas, o operador 2 irá produzir 69,23 m³ a mais que o operador 3. Caso essa diferença se mantenha como média em um período de 1 mês com 22 dias úteis, a vantagem do operador 2 pode chegar a ser de até 1.523,06 m³.

Na obra em que foi realizado o estudo de caso para esse artigo, o valor cobrado para o serviço da execução de terraplenagem foi de R\$ 7,50/m³.

É possível afirmar nesse cenário que o operador 2 poderia dar um lucro de cerca de R\$ 11.422,95 ao mês com a produção de alguns segundos a mais, considerando que ambos operadores estavam executando o mesmo tipo de corte, com o mesmo tipo de material.

Confrontando o tempo médio mais rápido encontrado na obra em que foi feito o estudo de caso, com o tempo divulgado pela CAIXA – SINAPI, encontra-se uma diferença ainda maior, o tempo médio mais rápido do operador 2 da obra foi 30 segundos superior ao tempo médio fornecido pela CAIXA.

Sendo assim, o operador 2 teria um ganho de 20 minutos de serviço, com 40 viagens diárias, caso mantenha essa média de 30 segundos a mais que o tempo da CEF. O que poderia resultar em até 11 viagens a mais em um dia.

Portanto pode-se concluir que a experiência do operador que está executando o corte, tem uma importância relevante na produção diária em uma obra de terraplenagem.

- TIPOS DE CORTE:



Figura 4: Escavadeira executando corte de talude

Fonte: As autoras (2023).

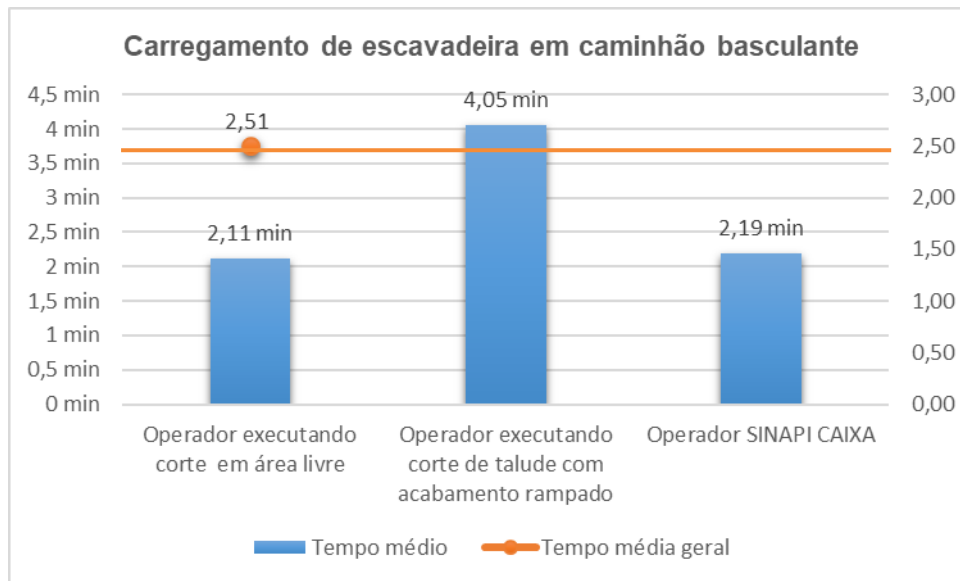
Outro fator que pode influenciar no tempo de produtividade em um serviço de terraplenagem é o tipo de corte que a escavadeira irá executar.

Há diferentes tipos de corte que influenciam no tempo de carregamento da escavadeira, uma escavadeira executando um corte em uma área mais livre, com um espaço mais amplo e com uma profundidade maior de corte irá produzir bem mais rápido do que se compararmos com uma escavadeira que estará executando um corte em um local que é necessário realizar um acabamento mais “rampado” por exemplo. Pois a profundidade do seu corte é limitada e o operador ainda precisará ter uma atenção para deixar um acabamento adequado.

Portanto caso fosse comparado esses dois operadores, in loco cronometrando seu tempo de carregamento em caminhões basculantes, teríamos números bem distintos, conforme podemos observar no gráfico 3. Um corte livre, dentro de uma área onde não é necessário efetuar algum tipo de acabamento, o tempo encontrado fica bem perto do que a CAIXA fornece. Porém quando comparamos com um corte que é necessário um acabamento mais minucioso, o tempo apresenta uma diferença de 1 minuto e 46 segundos, devido à essas diferenças de corte. Visualizando os dados do SINAPI não encontramos esse nível de detalhe no tipo de corte por exemplo, o que pode evidenciar números bem

distantes do que a CAIXA divulga e têm como base.

Gráfico 3: Comparação de operadores em diferentes tipos de corte x CAIXA



Fonte: As autoras (2023).

Sendo assim, é possível observar que um detalhamento do serviço que está sendo executado faz total diferença na média do tempo, trazendo assim uma justificativa plausível para um tempo tão elevado e tão distante do tempo médio indicado pela CAIXA.

5 – Considerações Finais

Conforme as análises teóricas e dados apresentados neste artigo, conclui-se que a etapa de terraplenagem em uma obra de infraestruturas é de extrema relevância e importância, e, portanto, ela representa um grande percentual financeiro e de avanço físico para o empreendimento à ser construído. Devido a isso o engenheiro (a) responsável pela obra deve acompanhar com muita atenção, realizar controles de produção e ter o máximo de dados possíveis para que consiga traçar metas e mudanças quando necessárias, visando uma maior produtividade no menor período de tempo possível, para que assim, a etapa de terraplenagem possa ser finalizada com mais qualidade, e, o mais rápido possível para que o restante da obra siga na sequência programada sem qualquer tipo de atraso.

Foi comparado neste artigo os dados obtidos pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL através do caderno técnico SINAPI, em que a CEF fornece como base

para referência de orçamentos para obras civil, e confrontado com os dados coletados em uma obra de terraplenagem de um loteamento na cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais.

Com os dados e informações coletadas, percebe-se que apesar de ser uma boa fonte de referência para controle da produtividade de uma obra, o SINAPI não especifica algumas nuances que podem variar exponencialmente os dados que ele fornece.

Portanto, baseado nas informações levantadas para realizar este artigo, conclui-se, que o responsável por uma obra, não pode se basear em apenas uma forma de referência que lhe é fornecida. Será exigido e cobrado desse profissional que apresente meios de gerenciar a produção de terraplenagem de uma forma mais abrangente.

Como por exemplo:

- Ter o controle dos tempos dos seus operadores dos maquinários, para que eles possam executar a produção de corte e transporte do material dentro de um período mais ágil.
- Escolher criteriosamente esses operadores, pois um funcionário com mais experiência pode executar o serviço de maneira bem mais rápida e eficiente.
- Organizar uma logística adequada no que diz respeito ao posicionamento de determinado funcionário em determinado local, pois muitas vezes, pode-se ganhar tempo e produção, colocando alguém mais experiente em um corte que necessite um acabamento mais detalhado por exemplo, pois ele pode executar esse serviço com uma qualidade superior em menor tempo, evitando assim a necessidade de talvez ter que fazer novamente tal acabamento por não estar dentro do padrão esperado.
- Controlar a liberação dos caminhões para que não ocorra trânsito na hora do descarregamento, ganhando um tempo ocioso e improdutivo.

Em suma, esses são apenas alguns dos pontos que o responsável pela obra terá que gerenciar para garantir uma boa produtividade e avanço físico mais eficaz possível dentro de um empreendimento.

Os dados coletados para execução deste artigo, na obra de terraplenagem do loteamento Estrela do Parque, localizado em Juiz de Fora, Minas Gerais, foram essenciais para garantir que, um controle minucioso, com dados, números e

gerenciamento de equipe e de tempo, faz toda a diferença no resultado final no que diz respeito à produtividade e avanço físico para finalização de obras de terraplenagem.

Referências

ALVES, Andreia Cardoso – Avaliação da produção horária dos serviços de terraplenagem em uma subestação elevadora de energia, 2021.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. 1. ed: Brasília, 2017a. v.10.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. 1. ed: Brasília, 2017b. v.1

BRAZILIAN, Journal of Development, Curitiba, v.7, n.4, p. 41169-41191 apr 2021.

CATERPILLAR. Manual de produção Caterpillar. Edição 31. Peoria, EUA, 2000.

CEZARIO, Lucas Hoffmann - Estudo do preço unitário da terraplenagem em loteamentos – 2019.

COSTA, Thamires – Financiamento para programa Minha Casa Minha Vida: Banco do Brasil x Caixa Econômica Federal, 2018.

D'AMICO, Fabiano, - O desenvolvimento econômico brasileiro e a Caixa: trabalhos premiados / Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento: Caixa Econômica Federal, 2011.

MASSAD, Faíçal. Obras de terra: curso básico de geotecnia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MATTOS, Aldo Doréa. Como preparar orçamentos de obras. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

MENEZES, Wilson – Estudo comparativo de composições de preço unitário dos sistemas SINAPI-CAIXA ECONÔMICA FEDERAL e TCPO – PINI.

NUNES, Geovanna Pereira; Abreu, Sara Sanches. Estudo de caso: Execução de terraplenagem no bairro Jardim Promissão em ANÁPOLIS-GO. 2021.

QUEIROZ, Rudney C. Geologia e geotecnia básica para a engenharia civil. São Carlos: Rima, 2009. 406 p.

CORRÊA, DULCE; COSTA, ANA CRISTINA; ROCHA, ÉRICO RIAL. Perspectivas e desafios para inovar na construção civil. [S.l.]: BNDES, 2014. 59 p.

RATTON, Eduardo et al. Introdução à Terraplenagem. Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. Departamento de Transportes. Curitiba, 2015.

RICARDO, H. S. e G. CATALANI Manual Prático de Escavação - Terraplenagem e Escavação de Rocha. São Paulo: PINI, 2007.

SANHUEZA, J. F. & DIEZ, P. Estudo de produção de um sistema de controle de máquinas de terraplenagem. REEC -Revista Eletrônica De Engenharia Civil, Goiânia, 22dez. 2014.

SILVA, F. B. Avaliação da conformidade dos requisitos técnicos nos serviços de terraplenagem de empreendimentos residenciais: estudo de caso. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016.

SILVA, RaphaelaBemmuyal, Braz. J. ofDevelop., Curitiba, v. 6, n. 3, p10432-10447mar.20. ISSN 2525-8761 - Máquinas e equipamentos de Terraplenagem: demonstração do cálculo de rendimento, 2020.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. Fundamentos de Topografia: Série Tekne. São Paulo: Bookman Editora, 2014.