



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARINA SALVADOR

**ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE OBRAS
DE USINAS FOTOVOLTAICAS DE SOLO**

FLORIANÓPOLIS
2022

Marina Salvador

**ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE OBRAS
DE USINAS FOTOVOLTAICAS DE SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à disciplina de TCC II do curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dr. Fernanda Fernandes Marchiori

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Salvador, Marina

Análise de produtividade da mão de obra na execução de obras de usinas fotovoltaicas de solo / Marina Salvador ; orientadora, Fernanda Fernandes Marchiori, 2022.

121 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Usinas Fotovoltaicas em Solo. 3. Produtividade. 4. Razão Unitária de Produção. 5. Fatores Influenciadores. I. Marchiori, Fernanda Fernandes. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Marina Salvador

**Análise de produtividade da mão de obra na execução de obras de usinas
fotovoltaicas de solo**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil

Florianópolis, 22 de Março de 2022.

Prof^a. Liane Ramos da Silva, Dr^a.
Coordenadora do Curso

Banca examinadora:

Prof^a. Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Rütger, PhD.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Max Barbonaglia Sathler Figueiredo
Avaliador

À minha família e amigos que sempre me deram suporte e apoio e nunca deixaram de acreditar em mim. Sem vocês eu não chegaria até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus pela minha vida. Foi graças à Ele que alcancei todos os meus objetivos ao longo desses anos.

Aos meus pais, os grandes responsáveis pela minha formação, especialmente à minha mãe, Marta, por me apoiar em todas as minhas decisões e ser meu exemplo de mulher e ao meu pai, Claudiomar, por me dar forças para seguir meu caminho independente das dificuldades. Obrigada por tanto amor e carinho ao longo da minha vida, vocês são minha inspiração de força e amor.

Ao meu irmão José Henrique, meu companheiro de infância e a pessoa que sempre demonstrou apoio e suporte em todos os momentos da minha vida. Ele que mesmo morrendo de ciúmes, quando calbura, me carregava para os bares e andava comigo para onde precisasse.

Ao meu namorado Arel, por ser meu melhor amigo e por estar ao meu lado nesse momento especial. Obrigada por sempre acreditar em mim, por todo o apoio e principalmente por ser minha melhor companhia. Sou muito grata por ter o privilégio de dividir a vida contigo.

Às minhas amigas de infância, Maria Luiza, Daiane, Thays, Vitória, Mayte, Gabriela e Beatriz, por estarem sempre dispostas a me ouvir, me aconselhando e me dando forças para continuar.

Às minhas amigas de faculdade, Brunella, Beatriz, Camila e Daisy, por serem minhas companheiras durante esses longos anos de faculdade, seja para estudar, fazer trabalhos ou nos divertirmos nas festas da UFSC. Sou muito grata à vida por ter cruzado os nossos caminhos.

À Universidade Federal de Santa Catarina por ter me proporcionado um ensino de qualidade e excelência, ajudando a construir a profissional que me tornei.

À minha professora orientadora, Fernanda Fernandes Marchiori, por me atender sempre que precisei e estar disposta a construir junto comigo um trabalho de tamanha dificuldade e incerteza. Obrigada pelos conhecimentos adquiridos ao longo deste trabalho.

Ao professor Ricardo Rüther e ao engenheiro Max Barbonaglia Sathler Figueiredo, por aceitarem avaliar e contribuir para o aprimoramento deste trabalho.

A todos os meus professores ao longo de toda a graduação por transmitirem tantos ensinamentos.

*“Se tenho as mãos macias
Eu devo tudo a meu pai
Que teve as mãos calejadas
No tempo que longe vai
Cada viagem que fazia
Naquelas manhãs de inverno
Era um pingo do meu pranto
Nas folhas do meu caderno*

...

*Carreando ele colocou
Um diploma em minhas mãos
Por isso guardo esse carro
Com carinho e muito amor
É a lembrança do carreiro
Que de mim fez um doutor”*

José Fortuna

RESUMO

O setor de geração de energias limpas, como a fotovoltaica, vem crescendo de forma expressiva. Atrelado a esse crescimento, vem o aumento da competição entre as empresas construtoras que atuam nessa área, induzindo a uma busca pelo aumento da eficiência da produção como diferencial competitivo. Contudo, existe uma falta de conhecimento do mercado sobre como é o comportamento da produtividade da mão de obra nesse tipo de construção, isso se reflete em atrasos na entrega de obras e em custos finais além dos previstos no orçamento inicial. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar a produtividade da mão de obra para execução de uma usina fotovoltaica (UFV) visando elaborar uma base de dados a ser empregada em obras futuras. Para tanto, foi feito um estudo de caso em uma UFV em solo localizada no município de Patrocínio Paulista/SP. Foram coletados dados e gerados indicadores de produtividade de mão de obra denominados Razão Unitária de Produção (RUP) - diárias, acumuladas e potenciais - para cada atividade, durante 60 dias úteis de coleta. Foram analisados, ainda, os possíveis fatores influenciadores nas variações dos indicadores de RUP. Os serviços analisados foram: estrutura de fundação, montagem das estruturas de fixação, montagem dos *trackers*, montagem dos módulos e infraestrutura de valas. Como resultados, observou-se a necessidade de: elaboração de um planejamento operacional para a execução dos serviços, uma melhor organização do trabalho durante a execução e o treinamento da mão de obra. Como contribuição, espera-se que os resultados obtidos sirvam como base para obras similares, antevendo possíveis acontecimentos e possibilitando a execução de orçamentos e planejamentos mais próximos da realidade.

Palavras-chave: Usina Fotovoltaica; Usina Fotovoltaica em Solo; Produtividade da Mão de Obra; Razão Unitária de Produção; Fatores Influenciadores

ABSTRACT

The clean energy generation sector, such as photovoltaics, has been growing significantly. Linked to this growth comes the increased competition between construction companies that operate in this sector, leading the search for efficiency in production aiming a competitive differential. However, there is a lack of market knowledge about the behavior of labor productivity in this type of construction, which is reflected in delays in delivery dates and in final costs beyond those foreseen on the initial budget. In this sense, this work objective is to analyze the labor productivity in the construction of a ground mounted photovoltaic plant in order to develop a database to be used in future projects. For that, a case study was carried out in a ground mounted photovoltaic plant located in Patrocínio Paulista city, São Paulo state. Labor productivity indicators (Production Unit Ratio) were generated for each activity, from data collected daily over three months of measurements. Factors that could influence the variations of Production Unit Ratio indicators were also analyzed. The services analyzed were: foundation structure, fastening structures assembly, trackers assembly, modules assembly and trenches infrastructure. As a result, it was observed the need for: an operational plan for the services execution, the labor training and an organized execution. As a contribution, it is expected that the results obtained in this study will serve as a basis for similar projects, anticipating possible events and enabling plans and budgets calculation that are closer to reality.

Keywords: Photovoltaic Plant; Groud Mounted Photovoltaic Plant; Labor Productivity; Production Unit Ratio; Influencing Factors

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de instalações fotovoltaicas conectadas à rede e UC's receptoras de créditos no Brasil (em milhares).....	18
Figura 2 - Volume acumulado conectado à rede no Brasil em MW.	18
Figura 3 - Modelo de sistema <i>off grid</i>	23
Figura 4 - Modelo de sistema <i>on grid</i>	24
Figura 5 - Painel fotovoltaico monocristalino.	25
Figura 6 - Painel fotovoltaico policristalino.	25
Figura 7 - Telha solar com tecnologia de filme fino.	26
Figura 8 – Modelo de estrutura de fixação tipo <i>tracker</i>	26
Figura 9 - Modelo de inversor fotovoltaico.....	27
Figura 10 - Modelo de transformador de energia.	28
Figura 11 - Fluxograma do processo de obtenção de produtividade.	30
Figura 12 – Classificação da mão de obra por abrangência.....	31
Figura 13 - Classificação dos fatores influenciadores da produtividade.	33
Figura 14 - Etapas da pesquisa.	36
Figura 15 - Modelo de Relatório Diário de Obra (Parte 1).	39
Figura 16 - Modelo de Relatório Diário de Obra (Parte 2).	40
Figura 17 - <i>Layout</i> da UFV.....	43
Figura 18 - Arredores da UFV.....	44
Figura 19 - Perfuração das estacas.	49
Figura 20 - Posicionamento e alinhamento das estacas.	49
Figura 21 - Concretagem das estacas.....	50
Figura 22 – Montagem e alinhamento do <i>pile head</i>	51
Figura 23 - Torque do <i>pile head</i>	51
Figura 24 - Montagem das selas.	51
Figura 25 – Montagem e fixação dos eixos e tirantes.....	52
Figura 26 - Montagem dos atuadores.	52
Figura 27 - Montagem das terças.....	53
Figura 28 - Fixação dos módulos.	53
Figura 29 - Escavação de valas.	54
Figura 30 - Posicionamento das caixas de passagem.....	54
Figura 31 - Realização dos aterramentos.....	55

Figura 32 - Reaterro e compactação das valas.	55
Figura 33 - Obstrução de valas abertas.	56
Figura 34 - Alteração da posição de caixa de passagem.	56
Figura 35 - Peça estrutural com defeito.....	57
Figura 36 - Caixa de passagem quebrada por falha dos funcionários no posicionamento da peça.	57
Figura 37 - Módulo danificado possivelmente no transporte.....	57
Figura 38 - Produtividade da equipe de perfuração das estacas.	61
Figura 39 - Produtividade da equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.	64
Figura 40 - Produtividade ajustada da equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.	67
Figura 41 - Produtividade da equipe de concretagem das estacas.	69
Figura 42 - Produtividade da equipe de montagem e alinhamento do <i>pile head</i>	72
Figura 43 - Produtividade ajustada da equipe de montagem e alinhamento do <i>pile head</i>	74
Figura 44 - Produtividade da equipe de torque do <i>pile head</i>	77
Figura 45 - Produtividade da equipe de montagem das selas.	80
Figura 46 - Produtividade da equipe de montagem e fixação dos eixos e tirantes. ..	83
Figura 47 - Produtividade da equipe de montagem dos atuadores.....	85
Figura 48 - Produtividade da equipe de montagem das terças.....	88
Figura 49 - Produtividade da equipe de fixação dos módulos.	90
Figura 50 - Produtividade da equipe de escavação das valas.....	93
Figura 51 - Produtividade ajustada da equipe de escavação das valas.	96
Figura 52 - Produtividade da equipe de posicionamento das caixas de passagem. .	99
Figura 53 - Produtividade da equipe de realização de aterramento.....	102
Figura 54 - Produtividade da equipe de reaterro e compactação das valas.	105
Figura 55 - Produtividade ajustada da equipe de reaterro e compactação das valas.	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela base para o cálculo da produtividade.	42
Tabela 2 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de perfuração das estacas.....	60
Tabela 3 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.....	63
Tabela 4 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.	66
Tabela 5 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de concretagem das estacas.	69
Tabela 6 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem e alinhamento do <i>pile head</i>	71
Tabela 7 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de montagem e alinhamento do <i>pile head</i> . ..	74
Tabela 8 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de torque do <i>pile head</i>	76
Tabela 9 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem das selas.....	79
Tabela 10 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem e fixação dos eixos e tirantes.	82
Tabela 11 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem dos atuadores.	85
Tabela 12 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem das terças.	87
Tabela 13 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de fixação dos módulos.	90
Tabela 14 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de escavação das valas.....	92
Tabela 15 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de escavação das valas.	95
Tabela 16 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de posicionamento das caixas de passagem.....	98

Tabela 17 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de realização dos aterramentos.	101
Tabela 18 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de reaterro e compactação das valas.	104
Tabela 19 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de reaterro e compactação.....	107
Tabela 20 - Resumo das produtividades levantadas.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos módulos FV's.	45
Quadro 2 - Características dos inversores FV's.	45
Quadro 3 - Detalhamento da cabine de medição e do transformador.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
AT	<i>Alta Tensão</i>
CA	<i>Corrente Alternada</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
CFTV	<i>Circuito Fechado de Televisão</i>
CPFL	<i>Companhia Piratininga de Força e Luz</i>
FV	<i>Fotovoltaico</i>
HEPR	<i>High Grade Ethylen Propilene Rubber</i>
MT	<i>Média Tensão</i>
NBR	<i>Norma Brasileira</i>
PVC	<i>Policloreto de Vinila</i>
RUP	<i>Razão Unitária de Produção</i>
RDO	<i>Relatório Diário de Obra</i>
TSA	<i>Transformador de Serviços Auxiliares</i>
UC	<i>Unidade Consumidora</i>
UFV	<i>Usina Fotovoltaica</i>
UV	<i>Ultravioleta</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. JUSTIFICATIVA.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	19
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.3. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	20
1.4. ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	22
2.1.1. CARACTERIZAÇÃO.....	22
2.1.2. TIPOS DE SISTEMA	22
2.1.3. COMPONENTES DO SISTEMA ON GRID.....	25
2.2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	29
2.2.1. CONCEITUAÇÃO E IMPORTÂNCIA	29
2.2.2. LEVANTAMENTO E MENSURAÇÃO DE PRODUTIVIDADE	30
2.2.3. FATORES INFLUENCIADORES DA PRODUTIVIDADE	32
2.3. O CONCEITO DE PRODUTIVIDADE APLICADO À CONSTRUÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS	33
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	36
3.1. PASSOS METODOLÓGICOS.....	36
3.1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
3.1.2. DEFINIÇÃO DA OBRA E ATIVIDADES FOCO DO ESTUDO	37
3.1.3. ELABORAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	37
3.1.4. COLETA DE DADOS.....	41
3.1.5. TRATAMENTO DOS DADOS COLETADOS	41
3.1.6. GERAR INDICADORES DE PRODUTIVIDADE	41
3.1.7. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	42
3.1.8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
3.2. DESCRIÇÃO DA OBRA	42
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	47
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA	47
4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS	47

4.2.1.	<i>ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO</i>	48
4.2.2.	<i>MONTAGEM DAS ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO</i>	50
4.2.3.	<i>MONTAGEM DOS TRACKERS</i>	52
4.2.4.	<i>MONTAGEM DOS MÓDULOS</i>	52
4.2.5.	<i>INFRAESTRUTURA DE VALAS</i>	53
4.3.	<i>FATORES INFLUENCIADORES</i>	55
4.4.	<i>LEVANTAMENTO DE PRODUTIVIDADE</i>	58
4.4.1.	<i>PERFURAÇÃO DAS ESTACAS</i>	59
4.4.2.	<i>POSICIONAMENTO E ALINHAMENTO DAS ESTACAS</i>	62
4.4.3.	<i>CONCRETAGEM DAS ESTACAS</i>	68
4.4.4.	<i>MONTAGEM E ALINHAMENTO DO PILE HEAD</i>	70
4.4.5.	<i>TORQUE DO PILE HEAD</i>	75
4.4.6.	<i>MONTAGEM DAS SELAS</i>	78
4.4.7.	<i>MONTAGEM E FIXAÇÃO DOS EIXOS E TIRANTES</i>	81
4.4.8.	<i>MONTAGEM DOS ATUADORES</i>	84
4.4.9.	<i>MONTAGEM DAS TERÇAS</i>	86
4.4.10.	<i>FIXAÇÃO DOS MÓDULOS</i>	89
4.4.11.	<i>ESCAVAÇÃO DAS VALAS</i>	91
4.4.12.	<i>POSICIONAMENTO DAS CAIXAS DE PASSAGEM</i>	97
4.4.13.	<i>REALIZAÇÃO DOS ATERRAMENTOS</i>	100
4.4.14.	<i>REATERRO E COMPACTAÇÃO DAS VALAS</i>	103
4.5.	<i>RESUMO DAS PRODUTIVIDADES</i>	109
4.6.	<i>SUGESTÃO PARA MELHORIA DA PRODUTIVIDADE</i>	111
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	113
5.1.	<i>CONCLUSÕES</i>	113
5.2.	<i>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</i>	114
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

A energia elétrica é a base para a execução da maior parte das atividades diárias executadas atualmente, fato que faz com que o ser humano se torne dependente deste recurso.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no Brasil, a principal fonte de geração é a hidrelétrica, que corresponde a 62% da capacidade instalada em operação no país, seguida das termelétricas (gás natural, carvão mineral, combustíveis fósseis, biomassa e nuclear), com 28%, sendo que o restante é proveniente de usinas eólicas (energia dos ventos) e importação da energia de outros países (ANEEL, 2022).

Segundo Terrin e Blanchet (2019), os impactos negativos provocados pela construção de usinas hidrelétricas se estendem desde ambientais/ecológicos até sociais, econômicos e culturais/espirituais. No aspecto ambiental reflete tanto no curso dos rios, que afeta a biodiversidade local, quanto nas atividades econômicas dos ribeirinhos que dependem daquela água. No que tange ao social, econômico e cultural, problemas como ausência do prometido desenvolvimento econômico das regiões atingidas, deslocamentos compulsórios de famílias, transição de moradia do campo para a cidade, alterações e danos nos modos de produção e trabalho, falta de reparação dos meios de subsistência das comunidades (GIONGO *et al.*, 2015) merecem destaque.

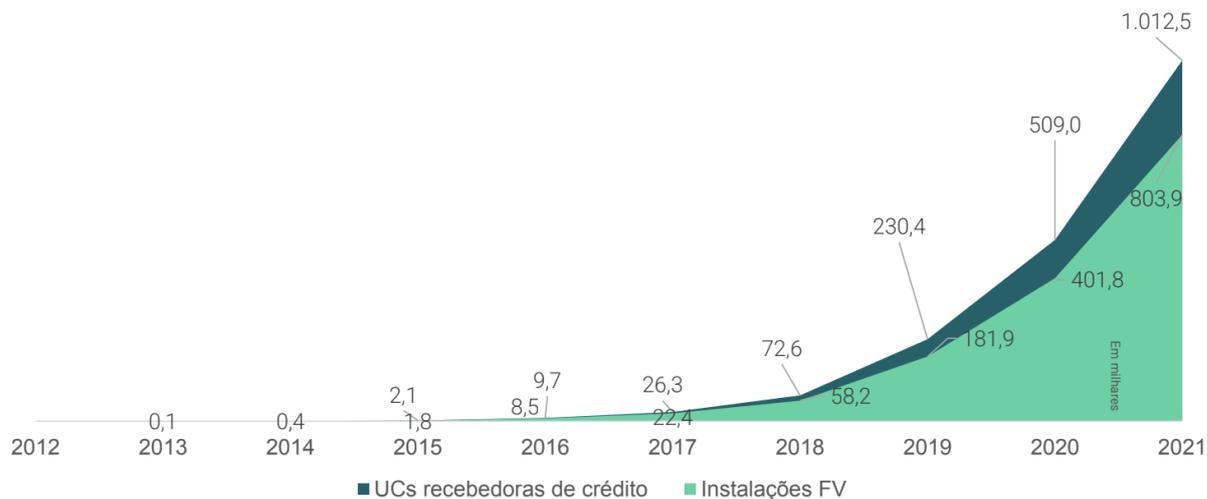
Com isso, a demanda de uma forma de energia sustentável que atenuie esses impactos cresce e introduz o estudo da energia solar fotovoltaica. Essa consiste em uma fonte de energia limpa e renovável, pois não se finda; é uma forma segura de gerar energia, é não-poluente e não influi no efeito estufa. Logo, a geração fotovoltaica surge como alternativa e ganha força em todos os âmbitos.

A ANEEL destaca o crescimento da energia solar na matriz brasileira, a qual na geração centralizada as usinas solares somam 3,8 GW de potência instalada e, na geração distribuída, 7 GW em 620 mil micro e mini geradores fotovoltaicos (FV's) conectados ao sistema elétrico brasileiro (ANEEL, 2021).

A Figura 1 mostra o número de instalações fotovoltaicas conectadas à rede e unidades consumidoras (UC's) receptoras de créditos (em milhares) segundo pesquisa realizada pela Greener publicada em 2022. Ainda de acordo com o estudo

“o Brasil atinge 803,9 mil instalações fotovoltaicas, um crescimento de 100% em relação a dezembro de 2020, acompanhado de um incremento de 98,9% de UC's receptoras de crédito”.

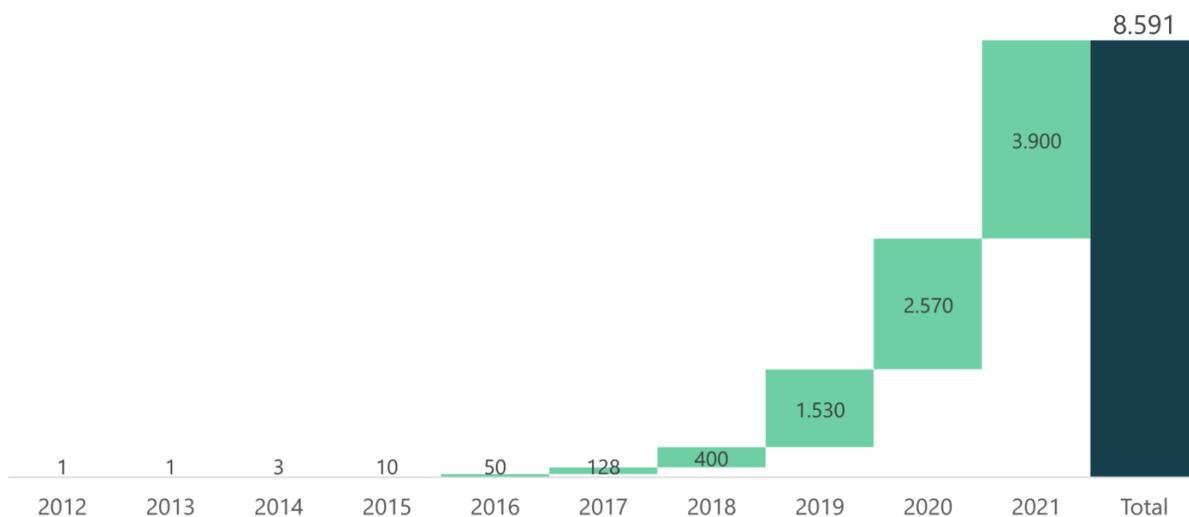
Figura 1 - Número de instalações fotovoltaicas conectadas à rede e UC's receptoras de créditos no Brasil (em milhares).



Fonte: Adaptado de GREENER, 2022.

A Figura 2 mostra o volume acumulado conectado à rede em MW, onde apresenta crescimento de 51,8% em capacidade instalada no ano de 2021 com relação ao ano anterior (GREENER, 2022).

Figura 2 - Volume acumulado conectado à rede no Brasil em MW.



Fonte: Adaptado de GREENER, 2022.

Apesar dos elevados custos de instalação dos equipamentos e dos incipientes incentivos, a energia fotovoltaica tem se mostrado promissora no Brasil (BURSZTYN,

2020). Contudo, poucos estudos acadêmicos têm sido feitos a respeito da etapa de construção (e tecnologias de construtivas empregadas) nesse tipo de obra. Ainda que sejam serviços comuns à indústria da construção civil, as atividades nesse tipo de obra são pouco estudadas.

Em termos de pesquisas envolvendo a gestão de obras de usinas fotovoltaicas (UFV's), também poucos são os estudos encontrados, podendo ser pinçados alguns trabalhos como: Rodrigues (2021); Ganassini (2019); Rezende e Zilles (2018); Eccel (2018). Porém nenhum deles abordou o tema produtividade da mão de obra em UFV's, verificando-se assim a necessidade e importância do estudo do tema.

A falta de planejamento e controle reflete no não cumprimento do prazo das obras, resultando em multas e punições que, em muitos casos, poderiam ser evitadas. Para que se possa fazer tanto o orçamento quanto o planejamento com confiabilidade, é indispensável conhecer a produtividade das equipes na execução das atividades executadas no canteiro, caso contrário estimativas infundadas provavelmente resultarão em planos inexequíveis. Apesar de os serviços envolvidos nesse tipo de obra ser o mesmo que de obras de edificações convencionais (como, por exemplo: terraplanagem, drenagem e fundações) por serem obras de infraestrutura, exigem análises muito específicas.

Diante do exposto, propõe-se o presente TCC, com o intuito de gerar informações a respeito da produtividade envolvidas na fase de execução de obra de uma UFV e que estas possam ser utilizadas na tomada de decisão, realização de melhores planejamentos e orçamentos por parte pelas empresas construtoras de desse tipo de obra.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a produtividade da mão de obra na execução de usina solar fotovoltaica em solo no que diz respeito às atividades da obra civil.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Entender quais são e como são executadas as atividades de uma UFV;
- b) Buscar na bibliografia pesquisas anteriores sobre produtividade da mão de obra para os serviços identificados em item a);

- c) Levantar em campo os dados de produtividade em uma obra real;
- d) Analisar os fatores influenciadores da produtividade das atividades de uma UFV;
- e) Gerar indicadores de produtividade para prognóstico de obras futuras.

1.3. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Para a pesquisa em questão serão realizadas algumas delimitações quais sejam: falta de atividades cruciais na análise, adaptação dos relatórios e falta de acompanhamento *in loco* pela autora.

Com relação às atividades analisadas, por decorrência da limitação às atividades que ocorriam no período de coleta, algumas atividades como a execução de cercas, drenagem do terreno e execução da cabine de medição ficaram de fora da análise.

Além disso, o período inicial de testes para elaboração de um Relatório Diário que contivesse toda a informação necessária à execução do trabalho foi desconsiderado para o estudo, sendo incluídos, portanto, os dados a partir do momento que as informações foram coletadas conforme solicitado.

Não foi possível que a autora deste trabalho estivesse acompanhando a obra *in loco* diariamente, contudo procurou-se suprir essa deficiência através do contato constante com a equipe que atuou no levantamento em obra, aprimorando as planilhas de levantamento, questionando a equipe de produção sempre que houvesse dados insuficientes ou coletados de forma insatisfatória.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é apresentada em cinco capítulos. O primeiro capítulo é a Introdução, onde se apresentam as justificativas para o estudo e os objetivos da pesquisa, além da estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, revisão bibliográfica, apresentam-se conceitos importantes como UFV's e produtividade, além de definir produtividade da mão de obra, assuntos esses que são a base para o pleno entendimento da análise.

O terceiro capítulo insere o método de pesquisa, desenvolvendo as etapas do trabalho.

No capítulo quatro é realizada a análise dos resultados da pesquisa, apresentando as informações obtidas e os fatores de influência sobre as atividades. É nessa etapa que se compilam todas as informações coletadas.

Por fim, no último capítulo se introduz a conclusão da pesquisa, finalizando o trabalho e apresentando as informações obtidas a partir do desenvolvimento do trabalho, além de inserir sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo é dedicado à apresentação de uma revisão dos assuntos abordados no trabalho, para plena compreensão do método aplicado. A revisão bibliográfica foi dividida em duas partes. A primeira tem como foco o estudo de UFV's (caracterização, tipos de usina apresentação dos componentes do sistema da usina analisada na pesquisa). A segunda parte refere-se ao estudo da produtividade, realizando inicialmente a conceituação e destacando a importância do estudo da produtividade para em seguida introduzir os métodos de levantamento e mensuração de produtividade e, por fim, definir e identificar os fatores influenciadores da produtividade.

2.1. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1.1. CARACTERIZAÇÃO

A energia obtida através da conversão direta de luz em eletricidade é denominada energia solar fotovoltaica. A conversão ocorre através de um dispositivo base denominado célula fotovoltaica que converte diretamente energia solar em elétrica através do efeito FV (IMHOFF, 2007).

Em resumo, isso ocorre quando dois materiais semicondutores provocam uma diferença de potencial devido à absorção da luz, formando a junção P-N. Os semicondutores criam um campo elétrico interno permanente entre a camada tipo P e a camada tipo N, gerando uma corrente elétrica.

Os materiais semicondutores mais comuns no meio ambiente são: Carbono (C), Silício (Si) e Telúrio (Te). O semicondutor mais utilizado em células fotovoltaicas é o silício, devido às suas propriedades que permitem a formação de uma rede cristalina (MATAVELLI, 2013).

2.1.2. TIPOS DE SISTEMA

De acordo com Alves (2019) e Imhoff (2007), os sistemas FV's podem ser classificados em três tipos em relação à conexão: sistema autônomo ou isolado (*off grid*), sistema conectado à rede (*on grid*) ou sistema híbrido.

Sistema autônomo ou isolado: Não depende da rede elétrica convencional para funcionamento, possibilitando a implantação em localidades carentes de rede de distribuição elétrica (ALVES, 2019). A energia gerada, portanto, exige uma forma de

armazenamento, geralmente proporcionada por baterias eletrolíticas, mas podendo ser realizado por ar comprimido ou volante de inércia. A Figura 3 apresenta um modelo de sistema *off grid*.

Figura 3 - Modelo de sistema *off grid*.



Fonte: ALVES, 2019.

Sistema conectado à rede: Considerada uma fonte complementar ao sistema elétrico, são empregados em locais já atendidos pela rede de distribuição de energia, que funciona como uma bateria que recebe todo o excedente da geração (ALVES, 2019). À medida que o sistema interrompe a geração, a energia disponibilizada pela concessionária é consumida, descontando assim a quantidade de energia anteriormente armazenada na rede em forma de créditos. A Figura 4 apresenta um modelo de sistema *on grid*.

Figura 4 - Modelo de sistema *on grid*.

Fonte: ALVES, 2019.

Sistema híbrido: Utilizam mais de uma forma de geração de energia, possibilitando a redução do sistema FV, além da diminuição da capacidade do banco de baterias, já que a forma de geração secundária é responsável pelo fornecimento de energia durante a noite ou em períodos de pouca insolação (IMHOFF, 2007).

Os sistemas *on grid* possuem grande vantagem em relação aos demais e, por isso, são responsáveis pela grande maioria dos sistemas FV's implantados hoje. Isso acontece devido à habilidade de "não utilizarem baterias e controladores de carga, o que os torna cerca de 30% mais eficientes, bem como garantem que toda a energia seja utilizada, localmente ou em outro ponto da rede." (ALVES, 2019)

Ainda em relação aos tipos de sistemas, segundo regulamentação 482/12 da ANEEL, eles podem ser divididos em três categorias de acordo com a potência instalada: microgeração, minigeração e usina.

Microgeração: potência instalada até 75 kW, geralmente utilizada em domicílios, com poucos painéis e um inversor pequeno para suprir a demanda.

Minigeração: potência instalada superior à 75 kW e inferior à 5 MW, geralmente para aplicação em indústrias de pequeno porte, exigem mais dispositivos de proteção e podem exigir transformadores em casos de conexão à rede em média tensão (MT).

Usina: potência instalada superior à 5 MW, conectadas à rede em média ou alta tensão (AT) exigindo sempre a utilização de transformadores.

2.1.3. COMPONENTES DO SISTEMA *ON GRID*

Os componentes dos sistemas variam de acordo com o tipo adotado em cada situação. No geral, segundo Reichert (2019) e Rodrigues (2021), nos sistemas *on grid* os componentes indispensáveis são: painel fotovoltaico, estrutura de fixação, inversor, quadro de distribuição, aparelhos elétricos, medidor de energia bidirecional e, em alguns casos, transformadores de energia.

O **painel fotovoltaico** tem por objetivo realizar a conversão da radiação solar em eletricidade, nesse caso em corrente contínua (CC). Como já citado anteriormente, os painéis são compostos por células fotovoltaicas que realizam essa atividade. Os painéis podem ser de três formas: monocristalino, representado pela Figura 5; policristalino, representado pela Figura 6; ou filme fino, representado pela Figura 7.

Figura 5 - Painel fotovoltaico monocristalino.



Fonte: Portal Solar, 2022.

Figura 6 - Painel fotovoltaico policristalino.



Fonte: Portal Solar, 2022.

Figura 7 - Telha solar com tecnologia de filme fino.



Fonte: OLSEN, 2020.

Para a fixação dos painéis é necessário a implantação de uma **estrutura de fixação**, seja ela destinada à sistemas instalados em telhados ou sistemas instalados em solo. Existe ainda uma nova tecnologia recentemente explorada que permite o emprego de usinas fotovoltaicas flutuantes, sobre águas de represas das usinas hidrelétricas (Portal Solar, 2022). As estruturas para solo podem ser fixas (instaladas em um ângulo ideal específico de cada projeto) ou móveis (conhecidas como *trackers*, que “perseguem” o sol) segundo Figura 8.

Figura 8 – Modelo de estrutura de fixação tipo *tracker*.

Fonte: DUARTE, 2021.

Como a energia é gerada em CC, é necessário fazer a conversão para corrente alternada (CA), que é a forma de energia consumida pela maioria dos aparelhos elétricos. Esse processo é realizado por um equipamento denominado **inversor fotovoltaico**, apresentado na Figura 9, que deve sempre compatibilizar a energia de saída com a energia da rede de distribuição local.

Figura 9 - Modelo de inversor fotovoltaico.



Fonte: ABB, 2017.

A energia recém transformada de CC para CA é então conduzida até um **quadro de distribuição** que irá distribuir a energia para ser consumida.

A energia então parte do quadro em direção aos **aparelhos elétricos** que irão consumir diretamente a energia produzida pelos módulos FV's para seu funcionamento.

Existe ainda um último equipamento responsável pelo monitoramento da quantidade de energia que é consumida da rede ou injetada nela. O **medidor bidirecional** realiza essa função medindo o excedente da geração que é injetado na rede e, da mesma forma, a energia consumida da rede quando não ocorre geração suficiente pelo sistema FV. A energia injetada na rede se transforma em créditos ao consumidor que, quando consumir energia diretamente da rede, terá esse valor descontado na fatura de energia.

No caso de necessidade de elevação de tensão, como é o caso de usinas de alta potência, é necessário o emprego de um ou mais **transformadores de energia**, conforme Figura 10.

Figura 10 - Modelo de transformador de energia.



Fonte: Sigma Transformadores, 2016.

Ainda em relação aos componentes, a associação deles se faz necessária à implementação adequada do sistema. O agrupamento de módulos FV's conectados em série denomina-se *string* e tem por finalidade alcançar a tensão desejada no projeto, podendo ser conectadas entre si em paralelo para elevação de corrente do sistema. Tudo isso se faz para atingir a potência desejada para o sistema.

Além de todos os componentes citados, existem ainda outros elementos que devem ser acoplados ao sistema de acordo com as exigências da rede concessionária local. Dentre esses ressalta-se os dispositivos de proteção, que são fusíveis responsáveis por proteger o sistema de situações indesejadas.

Em UFV's se faz necessário também o emprego de subestação coletora pra a realização do agrupamento das baixas ou médias tensões vindas do sistema gerador e elevar a tensão para conectar à rede de distribuição.

2.2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

2.2.1. CONCEITUAÇÃO E IMPORTÂNCIA

O termo produtividade pode ser definido de diversas formas. Segundo Souza (2006 apud CBIC, 2017) produtividade é a eficiência em transformar recursos em produtos, sendo uma melhor produtividade resultado de menor demanda de esforço para se obter um resultado. Já segundo Messa (2015) a produtividade mede o grau de eficiência com que determinada economia utiliza seus recursos para produzir bens e serviços.

Dantas (2011 apud SOUZA, 2006) afirma que a produtividade diverge segundo a pessoa consultada: um engenheiro diria que é a quantidade produzida por unidade de tempo, enquanto um administrador de empresas descreveria como relação entre lucro e investimento total.

A produtividade pode ser estudada segundo três aspectos: físico, financeiro ou social. O aspecto físico engloba uso dos materiais, equipamentos e mão de obra, enquanto o aspecto financeiro é responsável pela análise sobre quantidade de dinheiro demandada. O aspecto social é a análise do esforço da sociedade como recurso inicial do processo (SOUZA, 2006). Assim, a produtividade da mão de obra é resultado de uma análise física da produtividade de um recurso utilizado no processo de produção, sendo esse a mão de obra.

A construção civil é caracterizada pela competição intensa e, ainda assim, existe um grande desperdício de recursos e tempo nos processos construtivos. A mensuração da produtividade é de extrema relevância quando se trata de mão de obra, visto que essa serve de base para as diversas melhorias implementadas na construção (SOUZA, 2006).

Segundo Marder (2001) a produtividade influencia diretamente em questões orçamentárias, nas durações das atividades e do empreendimento. Ainda segundo o autor, o desperdício de recursos materiais, humanos, energéticos, financeiros ou temporais pode ser traduzido como uma produtividade destacadamente inferior quando aplicada à indústria da construção. “A baixa produtividade é resultante, entre outros motivos, do emprego de meios de produção e estruturas organizacionais ineficientes.”

Sobre a análise da produtividade e sua relação com os principais problemas encontrados na construção civil:

Entre problemas crônicos existentes na construção civil, a má produtividade merece destaque, uma vez que os gestores das obras não costumam ter conhecimento sobre a quantidade de mão de obra que se demanda para produzir determinado serviço, e conseqüentemente, não possuem parâmetros para buscarem atitudes corretivas caso seja verificado algum problema. Carraro e Souza (1998 apud MARDER, 2001).

Dessa forma, a análise de produtividade serve como diferencial, destacando empresas que implementam o estudo em seu processo construtivo, visto que provoca economia de tempo e recursos que geram destaque quando comparadas às outras empresas.

Segundo Souza (1996 apud MARDER, 2001) existem inúmeros motivos que justificam o estudo da produtividade da mão de obra, destacando-se os seguintes fatos:

- Ser o recurso onde as maiores perdas ocorrem;
- Ditar o ritmo de um grande número de atividades;
- Ser o recurso de mais difícil controle.

2.2.2. LEVANTAMENTO E MENSURAÇÃO DE PRODUTIVIDADE

Para analisar a produtividade é necessário realizar a mensuração dela. Para isso, o levantamento de dados se faz necessário para o posterior tratamento deles. A Figura 11 apresenta um resumo do processo de obtenção da produtividade.

Figura 11 - Fluxograma do processo de obtenção de produtividade.



Fonte: Adaptado de SOUZA, 2017.

Os indicadores de produtividade são ferramentas que relacionam recursos e produtos, seja de mão de obra ou de material. Em específico para mão de obra, o

indicador adotado é a RUP (Razão Unitária de Produção), que, segundo Souza (2006), representa a eficiência na utilização dos recursos ao transformá-los em produto, podendo ser apresentado de forma cumulativa ou potencial. A equação abaixo apresenta as definições de cálculo para RUP:

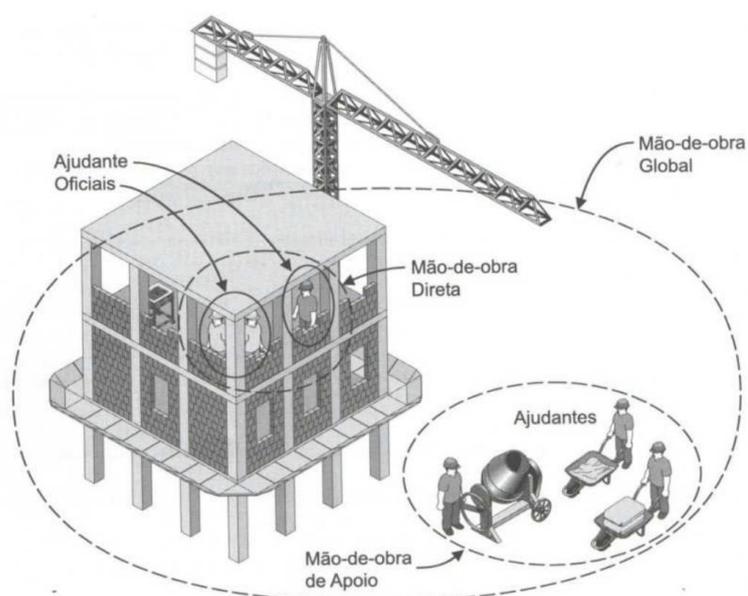
$$RUP = \frac{Hh}{Q_s}$$

Onde *RUP* refere-se à Razão Unitária de Produção, *Hh* refere-se à quantidade de homem hora disponível e *Q_s* à quantidade de serviços realizados.

Dessa forma, ao analisar a equação conclui-se que quanto maior o valor do indicador, menos satisfatória é a produtividade obtida. Para obtenção dos valores de *Hh* e *Q_s*, é necessário realizar levantamentos de dados em obra, descrevendo a equipe e a quantidade de serviço de tempos em tempos. A produtividade pode ser classificada de duas formas: por intervalo de tempo e de acordo com a abrangência da mão de obra. A classificação por abrangência varia de acordo com a mão de obra que é ilustrada pela Figura 12, onde percebe-se a presença das seguintes RUP's:

- **RUP oficial:** mão de obra dos oficiais envolvidos diretamente na produção;
- **RUP direta:** mão de obra dos oficiais e ajudantes envolvidos diretamente na produção;
- **RUP global:** toda a mão de obra relacionada à atividade

Figura 12 – Classificação da mão de obra por abrangência.



Fonte: SOUZA, 2006.

Ainda em relação à classificação da produtividade, conforme definições de Souza (2006) e Donatti (2014), tratando-se de intervalo de tempo tem-se:

- **RUP diária:** obtida com base na avaliação diária da produtividade da mão de obra, possibilita a visualização de problemas diários da produção, permitindo que ações sejam tomadas imediatamente para mitigação desses problemas. Calculada através dos levantamentos de quantidades de serviço executados, número de trabalhadores e de horas empregadas nessa execução, obtendo-se um valor para cada dia de coleta por atividade;
- **RUP cumulativa:** eficiência acumulada ao longo de todo o período de execução do serviço, calcula-se através dos valores acumulados de Hh e Q_s dia a dia;
- **RUP potencial:** está relacionada aos melhores dias de produção, pode ser usada para dar a meta (tarefa) para as equipes e calcula-se através da mediana das RUP's diárias inferiores à RUP cumulativa quando finalizado o estudo.

Segundo Santos (1995), os tempos abordados na análise de produtividade variam entre:

- **Tempo produtivo:** tempo aplicado na execução da tarefa que agrega valor ao produto e contribui para o crescimento da obra;
- **Tempo auxiliar:** não agrega valor diretamente ao produto, mas é necessário à execução;
- **Tempo improdutivo:** são aqueles que não agregam valor ao produto podendo ser evitáveis ou não.

2.2.3. FATORES INFLUENCIADORES DA PRODUTIVIDADE

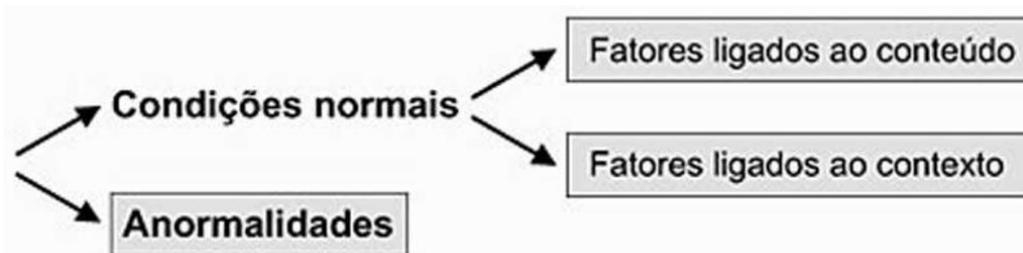
Tendo em vista a importância do estudo da produtividade, é necessário considerar os vários cenários possíveis de execução dos serviços. Nesse contexto, “qualquer organização que preze a qualidade dos seus resultados espera um desempenho eficiente e produtivo por parte dos seus funcionários, contudo, existem diversos fatores que poderão ter impacto no desempenho” (BARBOSA, 2021).

Segundo Dantas (2011), o valor da produtividade depende de alguns fatores principais, sendo eles: “detalhamento do serviço, treinamento da mão de obra, efeito aprendizado, mobilização, desmobilização, organização do canteiro de obras,

ergonomia, equipamentos e ferramentas apropriados, iluminação, temperatura”, entre outros.

Segundo Thomas e Sakarcan (1994, apud LUCAS, 2014), em condições normais, existem dois fatores principais que afetam a produtividade: o conteúdo de trabalho, relacionado aos componentes físicos como projeto, detalhamento, requisitos mínimos, tipo de material, entre outros; e o contexto de trabalho, incluindo aspectos ambientais e gerenciais, como o clima, disponibilidade de equipamentos e materiais, organização e execução do trabalho, entre outros. Além disso, a produtividade pode ser alterada quando anormalidades acontecem (SOUZA, 2006), gerando pontos espúrios que podem ser descartados. A Figura 13 ilustra os tipos de fatores influenciadores da produtividade.

Figura 13 - Classificação dos fatores influenciadores da produtividade.



Fonte: SOUZA, 2006.

Considerando isso, é possível identificar fatores de influência específicos para cada obra/serviço de acordo com as ocorrências em campo, sendo esse o foco do estudo em questão. Esses fatores justificam as principais variações no índice de produtividade e tornam a análise mais precisa.

2.3. O CONCEITO DE PRODUTIVIDADE APLICADO À CONSTRUÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

Ainda que a produtividade tenha sido amplamente discutida na literatura com aplicações no setor de edificações, este é um tema novo quando se trata da aplicação em UFV's, já que foram encontradas poucas publicações na literatura com esse foco.

No trabalho de Ganassini (2019) foi detalhado o problema de execução abordando a tríade custo, prazo e escopo. Através da Dinâmica de Sistemas estudou-se o comportamento de um projeto de construção de uma planta fotovoltaica. O modelo desenvolvido atendeu às expectativas do autor de desenvolver um panorama

que simule comportamentos, ainda que este tenha sido específico ao estudo de caso em questão, necessitando de reestruturação para aplicações em outras obras.

Rezende e Zilles (2018), em artigo publicado no VII Congresso Brasileiro de Energia Solar analisaram as perdas de produtividade dos geradores fotovoltaicos por efeito de sujidade acumulada nos módulos, em uma região urbana altamente propensa ao efeito. Conclui-se através do estudo que a sujidade deve ser levada em consideração na gestão de um sistema FV visto os resultados obtidos nas análises de perda de produtividade geral, podendo haver diversas alternativas para anular tais perdas.

Já a pesquisa de Eccel (2018) aborda alternativas para a escavação e lançamento de cabos subterrâneos em UFV's. Ele realiza a comparação de duas tecnologias alternativas aplicáveis à atividade, obtendo como conclusão a validação do estudo, considerando que ambas, quando comparadas ao método convencional de execução, têm suas vantagens.

O estudo de Guarnieri (2017) analisa a construção de uma UFV realizada com suporte de painéis com seguimento de um eixo, com foco no processo construtivo, desempenho, escopo e cronograma deste equipamento. Conclui-se que a etapa de fundação é a mais importante do processo construtivo devido ao alinhamento do suporte, junto ao planejamento adequado. Em paralelo às análises em campo, foi realizado um planejamento das atividades através de linha de balanceamento. Além disso, constatou-se que foi relevante examinar a composição das equipes, o progressivo aumento de produtividade e picos alcançados, bem como os replanejamentos necessários.

A pesquisa que mais se assemelha ao trabalho em questão é a de Rodrigues (2021), onde ela realiza uma análise do planejamento de atividades complexas na construção de usinas fotovoltaicas, elencando através de entrevistas as três atividades mais importantes à construção de UFV's e delimitando o estudo a elas. Através da comparação do planejado com o executado foram apontados os possíveis pontos de melhorias no processo construtivo e, por fim, realizou-se o cálculo da produtividade através de um método desenvolvido pela autora devido às dificuldades de obtenção de dados.

O trabalho de Rodrigues apresentou as atividades de uma maneira geral, englobando as etapas como um todo. Já o presente trabalho as apresenta de uma forma mais detalhada, dividindo as etapas em sub etapas. Além disso, buscou-se

elaborar índices de produtividade baseados em bibliografias específicas e consagradas, para que o uso das informações coletadas seja possível em diferentes obras com diferentes aspectos construtivos.

Diante da escassez de trabalhos acadêmicos envolvendo o tema produtividade na construção de UFV's, propõe-se o presente trabalho. Os conceitos de produtividade, oriundos do setor de edificações e apresentados no item 2.2, serão aplicados na presente pesquisa, ao caso das atividades envolvidas na execução de uma UFV.

3. MÉTODO DE PESQUISA

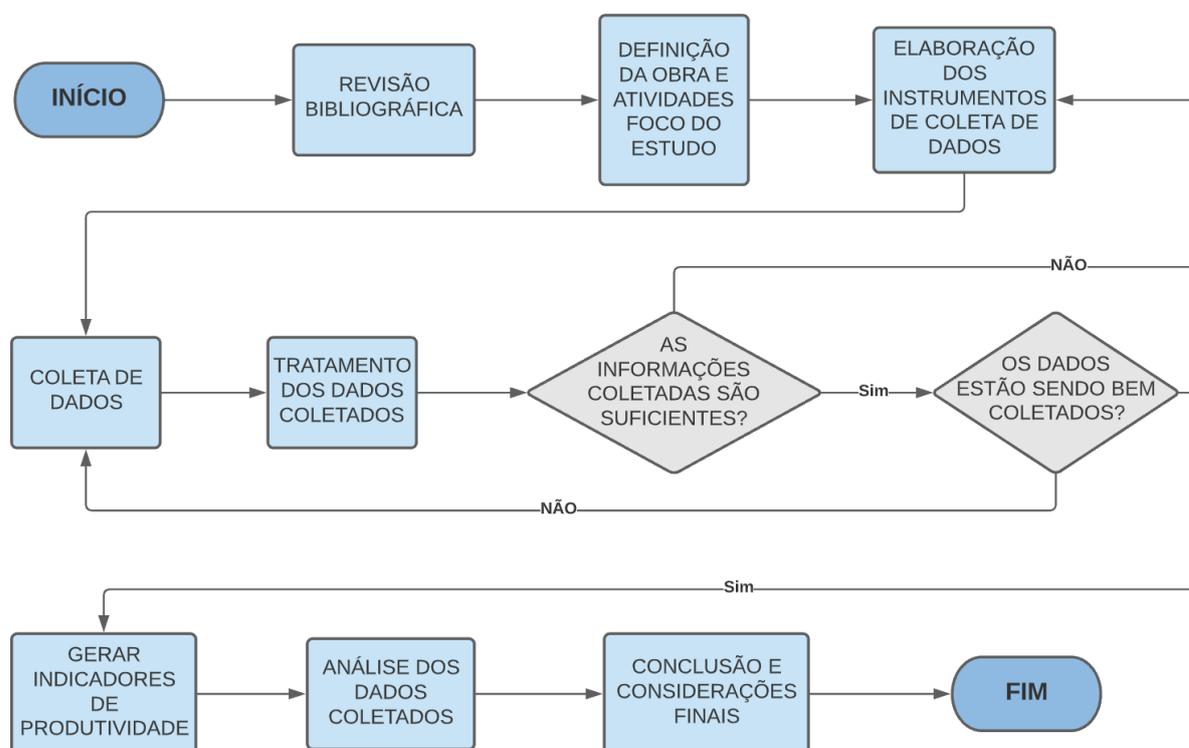
Este capítulo é dedicado à apresentação do método de pesquisa utilizado para que todos os objetivos do trabalho de conclusão de curso fossem atingidos. É nesta etapa que se descreve também a obra em estudo, apresentando suas características principais.

3.1. PASSOS METODOLÓGICOS

O planejamento dos passos a serem realizados é fundamental para estabelecer os caminhos para que se alcancem os objetivos da pesquisa, antecipando os possíveis cenários que possam ocorrer. Além disso, quando realizado de forma adequada, o planejamento garante maior confiabilidade aos resultados obtidos.

Dessa forma, na Figura 14 são apresentadas as etapas segundo as quais a pesquisa foi desenvolvida.

Figura 14 - Etapas da pesquisa.



3.1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica teve como objetivo principal o tema do trabalho, relacionando diversas áreas, tais como energia fotovoltaica, execução e planejamento de obras e análise de produtividade. Nesta etapa foram realizadas pesquisas a

respeito dos tópicos citados para obtenção de conhecimento e embasamento suficiente à realização do trabalho de conclusão de curso.

As buscas foram realizadas *online* por trabalhos acadêmicos, *sites* e livros a respeito do tema, além de fornecedores de equipamentos utilizados em UFV's e da biblioteca de dados da empresa que executou a obra.

3.1.2. DEFINIÇÃO DA OBRA E ATIVIDADES FOCO DO ESTUDO

Para a realização de qualquer estudo de caso é importante que se conheça muito bem o foco de análise, que neste caso trata-se da obra em questão. Isso porque, a falta de conhecimento leva a resultados menos satisfatórios e confiáveis, causando distorções nos resultados.

Sabendo disso a seleção para o estudo foi uma obra cuja empresa responsável a autora estagia. A empresa disponibilizou dados e permitiu acesso remoto ao canteiro de obras, disponibilizando mão de obra para coleta de dados e informações necessárias.

Dessa forma, foi realizado um estudo do projeto analisado, bem como o levantamento das atividades a serem executadas, das equipes designadas para a realização dos serviços e o local onde a obra seria executada. É nesta etapa que se realizou a definição das atividades que seriam medidas nos próximos passos.

A escolha das atividades foi realizada através de conversas informais com o mestre de obras que sugeriu a divisão delas dessa forma para facilitar a coleta e pagamento dos funcionários, visto que esse era realizado de acordo com a evolução dos serviços.

3.1.3. ELABORAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Com a definição das atividades a serem estudadas, chega-se à etapa do desenvolvimento de instrumentos para a coleta de dados. No estudo em questão optou-se pelo emprego de planilhas a serem utilizadas com o objetivo de caracterizar e mensurar a produtividade da mão de obra diariamente (RUP diária).

Para tanto, foram utilizados os Relatórios Diários de Obra (RDO's), os quais possuíam informações para a análise da produtividade, quais sejam: condições meteorológicas diárias; classificação de mão de obra direta e indireta; serviços executados, dados da equipe, quantidade de serviço e equipamentos; observações diversas; controle de entregas e almoxarifado; serviços extra escopo; e fotos diárias.

Também foi utilizada uma planilha de levantamento em obra que alimentava o RDO, desenvolvida por uma empresa terceirizada especializada em gestão e desenvolvimento de obras, segundo as indicações apresentadas pela empresa contratante, contudo, o documento foi adaptado ao longo da obra de acordo com a necessidade. A Figura 15 e a Figura 16 apresentam o modelo final de RDO utilizado.

Figura 15 - Modelo de Relatório Diário de Obra (Parte 1).

USINA FOTOVOLTAICA																								RDO nº: XXX			
RELATÓRIO DE DIÁRIO DE OBRA																								RD-UFV- AURORA-GER-001-R00			
Nome Contratada: XXXXXXXX																		Contrato Nº:		Data: XX/XX/20XX							
Ora: UFV XXXXXX - PATROCÍNIO PAULISTA																		Assinatura do Contrato: 01/09/2021		Paginas: 03							
Data: 08/11/2021		Condições do Tempo						Dados Contratuais						Dias		Data											
Dia da Semana		Tempo						Prazo Contratual (a partir da Ordem de Serviço)						150		16/08/2021											
Dom Seg Ter Qui Sex Sáb Sex		Sol com nuvens						Dias decorridos geral						68		08/11/2021											
		Chuva						Prorrogação						0													
		mm						Dias Corridos a partir da ordem de serviço						84													
								Dias Restantes						66													
CONDIÇÕES OU INTEMPÉRIES IMPACTANTES AO TRABALHO																											
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE AMBIENTE																											
BCM		01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	OBSERVAÇÕES:	
IMPRATICÁVEL OUTROS (Chuva intensa com trovoadas)		Neste campo inserem-se os dados meteorológicos.																						Intervalo de Almoço de 1 hora.			
MÃO DE OBRA INDIRETA																											
Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE																									TOTAL	
1.1	Atividades administrativas (projetos, segurança e medições)																									-	
1.2	Instalação	Neste campo inserem-se os quantitativos gerais de mão de obra em campo.																						-			
1.3	Sub-empregados (topografia, perfuração, alambrado, construção sala de O&M, infraestrutura de iluminação e segurança)																									-	
1.4																										-	
SUBTOTAL MOI - REAL																										-	
Total MOI: XX		Presentes: XX	Ausent	Status de Faltas MOI >>	INSS:	Férias:	Aguardando crachá:	Folga de campo:	Falta sem justificativa:																		
MÃO DE OBRA DIRETA																											
ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	QUANTIDADE MEDIDA	HORÁRIO MEDIDO	MÃO DE OBRA DIRETA										EQUIPAMENTOS													
				DIRETOR TÉCNICO	SUPERVISOR/ENCARREGADO	INSTALADOR	AUXILIAR DE INSTALAÇÃO	OPERADOR DE MÁQUINA	MONTADOR	ELETRICISTA	TOTAL DE EQUIPES	TOTAL DE MÃO DE OBRA DIRETA	BOBCAT + RETRASC/ADEIRA	BOBCAT + GARFO	CAMINHÃO BASCULANTE	MUNCK	GUINDASTE	CAMINHÃO BETONEIRA	CAMINHÃO PRANCHA	BOBCAT + BROCA	BOBCAT + CORCHA	TOTAL DE EQUIPAMENTOS	TOTAL DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS				
1.3.2.1.2 Estrutura dos Trackers [Fundação]	Perfuração																										
	Posicionamento e Alinhamento																										
	Concretagem																										
1.3.2.1.3 Montagem dos Trackers [Estrutura até Selas]	Montagem e Alinhamento - Pile Head																										
	Torque - Pile Head																										
	Montagem das Selas																										
1.3.2.1.4 Montagem dos Trackers [Selas até Atuador]	Montagem das Terças																										
	Instalação de Motor																										
1.3.2.1.5 Montagem dos Módulos	Montagem dos Painéis Fotovoltaicos																										
1.3.1.3.1 Infraestrutura de Valas	Escavar Valas (m)																										
	Posicionar Caixas de Passagem																										
	Aterramento (m)[Campo Gerador]																										
	Aterrar e Compactar																										
OCORRÊNCIAS DIÁRIAS																											
1																					5						
2		Neste campo inserem-se as ocorrências gerais do dia.																									
3																											
4																					8						

Figura 16 - Modelo de Relatório Diário de Obra (Parte 2).

OBSERVAÇÕES	
MEDIÇÃO TOTAL (ACUMULADO)	DESCRIÇÃO DE OCORRÊNCIAS QUE AFETARAM A PRODUTIVIDADE
XX	Perfuração
XX	Alinhamento
XX	Concretagem
XX	Montagem e Alinhamento de Pile Head
XX	Torque - Pile Head
XX	Montagem das Selas
XX	Montagem Eixo-Gravata (fileiras)
XX	Montagem das Terças (fileiras)
XX	Escavar valas [m]
XX	Posicionar Caixas de Passagem
XX	Aterramento - campo gerador [m]
XX	Montagem de Motor
XX	Aterrar e Compactar Valas [m]
XX	Ligação (aterramento - tracker)
XX	Montagem dos Painéis Fotovoltaicos
CONTROLE DE ENTREGAS E ALMOXARIFADO	
1	
2	
3	
SERVIÇO EXTRA ESCOPO - DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES	
1	
2	
3	
FOTOS	
<p>Neste campo inserem-se as fotos capturadas no dia apresentando as condições das atividades.</p>	
FOTO 01	FOTO 02
FOTO 03	FOTO 04
FOTO 05	FOTO 06

Neste campo inserem-se as ocorrências específicas por atividade que afetam diretamente a produtividade.

Neste campo ocorre o controle de almoxarifado com as notas fiscais do que chega em obra.

Neste campo inserem-se as atividades não planejadas no escopo da obra realizadas no dia.

3.1.4. COLETA DE DADOS

Após a elaboração dos instrumentos de coleta elaborados partiu-se para a coleta dos dados em si. A coleta foi realizada diariamente por uma empresa terceirizada contratada especializada em gestão de obras de energia. O acompanhamento dessa coleta foi realizado por essa autora, que recebia diariamente os relatórios via internet.

A coleta de dados se deu durante 3 (três) meses, de Segunda-feira a Sexta-feira, exceto feriados, iniciando no dia 27 de setembro de 2021 e finalizando no dia 17 de dezembro de 2021, totalizando 60 coletas. No mês de novembro foram realizadas duas coletas Sábado, no dia 04 e no dia 1. Alguns serviços executados fora do período de coleta de dados foram desconsiderados na análise, visto que influenciariam de forma negativa nos resultados da pesquisa. O tempo de levantamento foi de 10 (dez) horas por dia, iniciando às 07:30 e finalizando às 17:30, com pausa de 1 (uma) hora para almoço, totalizando 600 (seiscentas) horas de levantamento.

A unidade de medição da quantidade de serviço varia de acordo com a atividade estudada. Em alguns casos a contagem foi feita por unidade, como perfuração de estacas e montagem de atuadores. Já em outros casos a contagem aconteceu por fileira de módulos (equivalente à cinco estacas enfileiradas), como a montagem e fixação dos eixos e gravatas e a montagem das terças. No caso das valas a medição foi realizada por metro de vala escavado/aterrado/compactado.

3.1.5. TRATAMENTO DOS DADOS COLETADOS

Nesta etapa ocorreu a compilação dos dados coletados pela empresa terceirizada e o tratamento dos mesmos com o auxílio do programa Microsoft Excel®.

Através disso foi possível aprimorar a coleta ao longo do tempo, já que em alguns casos as informações não eram suficientes para a análise da produtividade e, em outros casos, os dados não estavam sendo coletados conforme solicitado, causando variações nas coletas e inconsistências nos dados.

Foi também nesta etapa que se descreveu detalhadamente todos os serviços analisados no decorrer do trabalho de conclusão de curso.

3.1.6. GERAR INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

responsável pela gestão do canteiro de obras e outra pela execução dos serviços em si.

O complexo FV foi construído no município de Patrocínio Paulista no estado de São Paulo, localizado nas seguintes coordenadas Latitude 7717646.48 m S e Longitude 259946.65 m E, no sistema de coordenadas UTM – WGS84 – Zona 23K. O município está localizado a, aproximadamente, 420 km da cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, na microrregião de Franca e mesorregião de Ribeirão Preto. A principal rodovia de acesso ao município é a rodovia estadual SP-345. A Figura 17 mostra o *layout* da UFV.

Figura 17 - *Layout* da UFV.



Todos os principais acessos externos necessários à instalação do empreendimento se encontram com condições ideais de trafegabilidade, não demandando assim a execução de obras viárias complementares. Na Figura 18 é

possível visualizar a zona urbana de Patrocínio Paulista e a rodovia presentes na região.

Figura 18 - Arredores da UFV.



Fonte: Google Earth, 2021.

A UFV é um empreendimento de geração de energia elétrica a partir de geração fotovoltaica composta por 9.520 módulos FV's do tipo monocristalino de 435 Wp de potência nominal conectados de maneira a compor *strings* de 28 módulos em série em uma classe de tensão de 1.500 Vcc, conforme Quadro 1.

Os módulos são fixados em estrutura do tipo *tracker*. As correntes elétricas convertidas por meio dos módulos FV's são conduzidas por cabos solares de cobre estanhado com seção 6,0 mm², unipolares, com encordoamento extraflexível (classe 5), tensão de operação 0,6/1,0 kVac - 1,8 kVcc e isolamento de elastômero termo fixo livre de halogênio até o inversor. Para a obra em questão foram adotados inversores de 125 e 175 kW, conforme detalhamento apresentado pelo Quadro 2. Os trechos em CA são conduzidos em tensão de 800 Vca até os transformadores de MT.

Quadro 1 - Características dos módulos FV's.

CARACTERÍSTICA DOS MÓDULOS		
Características na STC	Unidade	Valores
Quantidade de módulos FV a serem instalados	-	9.520
Potência nominal	Wp	435
Corrente de curto-circuito	A	11,39
Tensão de circuito aberto	V	48,7
Corrente de máxima potência	A	10,64
Tensão de máxima potência	V	40,9
Eficiência global	%	21,2
Coefficientes de temperatura	Unidade	Valores
Potência máxima	(%/°C)	-0,350
Corrente de curto-circuito	(%/°C)	+0,048
Tensão de circuito aberto	(%/°C)	-0,350
Outras	Unidade	Valores
Número de células	-	144
Dimensões (largura x comprimento x espessura)	mm	2094 x 1038 x 35
Peso	kg	23,3

Quadro 2 - Características dos inversores FV's.

CARACTERÍSTICA DOS INVERSORES 125 E 175 KW		
Características de Entrada (CC)	Unidade	Valores (125 – 175)
Tensão máxima de entrada	V	1500
Faixa de tensão de operação MPPT	V	850 a 1350
Corrente máxima de entrada MPPT	A	30
Número de entradas MPPT	Un	12
Número máximo de <i>strings</i> por MPPT	Un	2
Características de Saída (CA)	Unidade	Valores (125 – 175)
Potência nominal	kW	125 – 175
Potência máxima de saída	kVA	125 – 185
Corrente máxima de saída	A	134
Tensão nominal de saída	V	800
Faixa de frequência de operação	Hz	50/60
Eficiência máxima	%	98,7
Taxa de distorção harmônica	%	< 3
Número de fases	Un	3
Características Gerais	Unidade	Valores (125 – 175)
Dimensões [L x A x P]	kW	867 x 1086 x 419
Peso	kg	76
Temperatura de operação	°C	-25 até 60
Nível máximo de ruído	dB	< 60

Após a conversão em corrente alternada os inversores são conectados aos transformadores elevadores que então elevam a tensão de 800 Vca para 13,8 kVca.

A cabine de medição conta com seis pontos de acesso, referentes a divisão interna do empreendimento, sendo produzida pela fabricante conforme: padrão, normas vigentes e nível de proteção conforme solicitação da concessionária CPFL, responsável pela distribuição de energia da região. O detalhamento da cabine de medição e do transformador seguem no Quadro 3.

Quadro 3 - Detalhamento da cabine de medição e do transformador.

DETALHAMENTOS		
Transformador	Unidade	Valores
Potência	kVA	1000/550/350
Tensão Primária	kV	13,8
Varição de Tensão	%	+/- 10%
Tap Primário	-	+/- 2x2,5%
Tensão Secundária sem Carga	V	800
Frequência	Hz	60
Fases	-	3
Grupo de Ligação	-	Dyn11
Arrefecimento	-	Óleo Mineral
Tipo de Uso	-	Ao tempo
Cabine de Proteção Geral	Quantidade	Tipo
Chave Seccionadora Trifásica	1	Padrão CPFL
Transformador de Corrente	3	Padrão CPFL
Relé de Proteção	1	URP-6000
Transformador de Potencial	1	13800/R3-115/R3V 600VA-0,3P75
Disjuntor Trifásico	1	À vácuo 15,5kV 630A 16kA NBI 95kV

Este sistema será suprido pelo transformador de serviços auxiliares (TSA) de 25 kVA. Estes transformadores estão ligados a um painel de serviços auxiliares. Os principais circuitos de alimentação são circuito de CFTV, circuito de iluminação, alimentação da caixa de comunicação auxiliar e estação solarimétrica.

Para o sistema de serviços auxiliares são especificados cabos de cobre, com seções de 2,5 e 6,0 mm², tripolares, tensão de operação 1,8 kVcc e 0,6/1,0 kVac, temperatura de operação 90°C, sobrecarga a 130°C e corrente curto-circuito a 250°C, com isolamento HEPR, revestimento em PVC, com proteção UV e com emissão reduzida de fumaça de acordo com os requisitos exigidos pela norma NBR 7286.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação e análise dos dados coletados em campo segundo os métodos apresentados no Capítulo 3 e bibliografia especializada apresentada no Capítulo 2.

No decorrer do período de coleta, elaborou-se um RDO relativo à execução dos serviços para a implantação da usina por dia resultando em 60 (sessenta) documentos.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA

A mão de obra presente no canteiro dividiu-se em 3 grupos:

- Execução dos serviços;
- Gestão do canteiro de obras;
- Supervisão geral.

A equipe envolvida na execução dos serviços era composta por 12 funcionários, quais sejam: encarregado geral, operador de máquina e auxiliares.

Da equipe apontada era responsabilidade do encarregado geral coordenar os serviços. O operador de máquina executava os serviços de escavação com *BobCat*, tanto na etapa de fundação quanto na escavação das valas. Os demais auxiliares da equipe executavam atividades diversas, tais como instalador, auxiliar de instalação e montador, alocando-se onde mais se adequavam no decorrer da implantação da usina.

Já em relação à gestão do canteiro de obras a equipe era composta por um engenheiro, um responsável pelo setor administrativo, um técnico geral e um técnico de segurança. A equipe como um todo realizava diversos serviços de gestão. Para o presente trabalho o mais relevante eram os levantamentos de dados e preenchimento dos RDO's que eram reportados e enviados diretamente à equipe de supervisão geral.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS

A equipe e os equipamentos necessários à execução da obra ficaram sob responsabilidade da empresa contratada para execução dos serviços. Ao longo da instalação da usina foram acompanhadas as etapas e atividades que seguem:

- Estrutura de fundação:

- Perfuração das estacas;
- Posicionamento e alinhamento das estacas;
- Concretagem das estacas.
- Montagem das estruturas de fixação:
 - Montagem e alinhamento do *pile head*¹;
 - Torque do *pile head*;
 - Montagem das selas².
- Montagem dos *trackers*:
 - Montagem e fixação dos eixos e tirantes;
 - Montagem dos atuadores.
- Montagem dos módulos:
 - Montagem das terças;
 - Fixação dos módulos.
- Infraestrutura de valas:
 - Escavação das valas;
 - Posicionamento das caixas de passagem;
 - Realização dos aterramentos;
 - Reaterro e compactação das valas.

Os itens 4.2.1 até 4.2.5 apresentam as etapas e suas atividades com mais detalhes.

4.2.1. ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO

A estrutura de fundação é responsável por manter o sistema resistente aos esforços, tanto de arrancamento quanto de peso próprio. Na usina em questão utilizou-se a metodologia recomendada pelo fabricante dos *trackers* de estaca metálica perfil ômega com 3 metros, cravada no solo a uma profundidade de 1,5

¹ Neste trabalho, o termo “*pile head*” refere-se à cabeça da estaca, já que é dessa forma que está identificada no manual de instalação do equipamento.

² Neste trabalho, o termo “sela” é a denominação do fabricante para a espera que se localiza na extremidade da estaca.

metros e concretada (concreto com 25 fck de resistência) para maior fixação. A etapa foi dividida em 3 (três) atividades, sendo elas:

Perfuração das estacas: Atividade executada com o auxílio de equipamento *BobCat* associado a uma broca segundo marcações previamente estabelecidas pelo topógrafo responsável pelo empreendimento. Para a execução da atividade utilizou-se um operador de máquina e um servente, conforme mostra a Figura 19.

Posicionamento e alinhamento das estacas: Atividade executada conforme Figura 20, com auxílio de equipamentos para definição de posição adequada das estacas segundo manual do fabricante dos *trackers*. A atividade foi desenvolvida com uma equipe mínima de dois auxiliares e acompanhada por ao menos um supervisor na grande maioria dos dias de execução com o objetivo de averiguar a qualidade do serviço, visto que essa é uma atividade crucial para o pleno funcionamento do *tracker*.

Figura 19 - Perfuração das estacas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 20 - Posicionamento e alinhamento das estacas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Concretagem das estacas: Atividade executada com auxílio de caminhão betoneira (de responsabilidade da empresa fornecedora de concreto) conforme Figura 21. A atividade exige presença de supervisor e de, no mínimo, quatro auxiliares.

Figura 21 - Concretagem das estacas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

4.2.2. MONTAGEM DAS ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO

A etapa de montagem das estruturas de fixação exige extremo cuidado devido à movimentação das peças decorrente do sistema de *tracking* (rastreamento) para seguir o sol. Para manter a garantia do sistema e assegurar seu pleno funcionamento, seguiu-se todas as indicações do fabricante do *tracker* ao longo da execução dos serviços. Esta etapa foi então dividida em 3 (três) atividades:

Montagem e alinhamento do *pile head*: Atividade executada em duas partes, onde primeiramente o *pile head* (ou cabeça da estaca) de todas as estacas da mesa de módulos eram posicionados para que, em seguida pudesse ser feita a correção de qualquer erro de alinhamento das estacas ocorrido anteriormente. A segunda etapa é o alinhamento dos próprios *pile head's* para então seguir para o torque. Nessa atividade exigiu-se sempre no mínimo dois colaboradores, conforme apresentado na Figura 22.

Torque do *pile head*: Atividade executada com auxílio de torquímetros para medir a força aplicada conforme instruções do fabricante dos *trackers*. A atividade não exigia uma equipe de instalação, podendo ser executada individualmente como na Figura 23.

Figura 22 – Montagem e alinhamento do *pile head*.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 23 - Torque do *pile head*.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Montagem das selas: Conforme mostra a Figura 24, as selas eram posicionadas de acordo com as instruções do fabricante e então fixadas com auxílio de torquímetros para medir a força aplicada. Da mesma forma que a atividade anterior, não exigia uma equipe de instalação, podendo ser executada individualmente.

Figura 24 - Montagem das selas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

4.2.3. MONTAGEM DOS TRACKERS

Montagem e fixação dos eixos e tirantes: Atividade executada com auxílio de torquímetro posicionando os eixos sobre as selas e fixando os mesmos com os tirantes, seguindo as recomendações do fabricante. Exige-se a presença de ao menos dois auxiliares para a execução do serviço conforme mostra a Figura 25, sendo esporadicamente supervisionado pelo encarregado responsável.

Montagem dos atuadores: Atividade executada segundo instruções do fabricante com auxílio de torquímetro para a fixação das peças. Exige a presença de no mínimo três auxiliares na equipe para a execução do serviço, conforme apresentado na Figura 26.

Figura 25 – Montagem e fixação dos eixos e tirantes.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 26 - Montagem dos atuadores.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

4.2.4. MONTAGEM DOS MÓDULOS

Montagem das terças: Atividade executada conforme instruções do fabricante de módulos, como mostrado na Figura 27, com exigência de no mínimo dois auxiliares na equipe de execução.

Fixação dos módulos: Atividade que exige cuidado extremo devido à fragilidade e peso do módulo. Para esta foi necessária uma equipe de dois auxiliares conforme mostrado na Figura 28.

Figura 27 - Montagem das terças.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 28 - Fixação dos módulos.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

4.2.5. INFRAESTRUTURA DE VALAS

Escavação das valas: Atividade executada com auxílio de equipamento *BobCat*, exigindo um operador de máquina para a realização dela, conforme Figura 29.

Posicionamento das caixas de passagem: Atividade de posicionamento de caixas de concreto armado. Devido ao peso das caixas a atividade exigiu a presença de no mínimo dois auxiliares para a execução, como apresentado na Figura 30.

Figura 29 - Escavação de valas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 30 - Posicionamento das caixas de passagem.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Realização dos aterramentos: Atividade executada por no mínimo três auxiliares, através da distribuição dos cabos de aterramento dentro das valas recém escavadas para posterior reaterro segundo Figura 31.

Reaterro e compactação das valas: Atividade executada conforme Figura 32, com auxílio de equipamento *BobCat*, exigindo assim um operador de máquina, além da presença de auxiliares quando necessário.

Figura 31 - Realização dos aterramentos.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 32 - Reaterro e compactação das valas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

4.3. FATORES INFLUENCIADORES

Como já visto no Capítulo 2, existem dois tipos principais de fatores influenciadores que afetam a produtividade, sendo eles o conteúdo de trabalho e o contexto de trabalho.

Conteúdo de trabalho refere-se aos aspectos dos componentes físicos do trabalho, tais como projeto e tipo de material empregado. Já o contexto de trabalho refere-se a aspectos de gerência ou ambientais, como clima e a disponibilidade de recursos. Na obra analisada foram observados os seguintes fatores influenciadores:

Falta de treinamento: percebeu-se ao longo da obra a falta de preparo da equipe que executou a obra, considerando-se então um fator de contexto. Por ser um ramo relativamente novo no Brasil, a mão de obra disponível não é devidamente habilitada em questões de experiências em obras semelhantes. Devido a esses fatores, a definição da metodologia de execução dos serviços variou no decorrer da obra, exigindo retrabalho em certos casos para que o serviço fosse padronizado e com qualidade ao longo de toda a usina.

Problemas gerenciais: a equipe utilizada em cada serviço também variou no decorrer destes, caracterizando um fator de contexto, visto que a empresa contratada não tinha definido para cada atividade quantos funcionários seriam necessários para

uma execução ágil e de qualidade, sobrecarregando alguns funcionários em certos casos e os deixando ociosos em outros.

Excesso de chuva: segundo Santos (2021), o clima da região Sudeste do Brasil caracteriza-se como tropical, com inverno seco e verão úmido. Visto que a obra ocorreu ao longo dos meses de outubro, novembro e dezembro, constatou-se a presença de chuvas torrenciais em alguns dias de serviço (fator de contexto) que afetaram negativamente a produtividade, gerando retrabalho e dificuldades de execução dos serviços em alguns casos, conforme apresentado na Figura 33 e na Figura 34.

Figura 33 - Obstrução de valas abertas.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 34 - Alteração da posição de caixa de passagem.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Defeito nos equipamentos: devido ao intenso uso dos torquímetros e das parafusadeiras, esses apresentaram defeito ao longo da execução dos serviços, precisando ser trocados no decorrer da obra, enquadrando-se como fator de contexto.

Defeito nos materiais: ao longo da obra foram encontrados materiais danificados que não puderam ser utilizados, considerando-se assim um fator de contexto. Ocorreu também a danificação de materiais durante a execução, exigindo assim a troca destes.

Figura 35 - Peça estrutural com defeito.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 36 - Caixa de passagem quebrada por falha dos funcionários no posicionamento da peça.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Figura 37 - Módulo danificado possivelmente no transporte.



Fonte: Empresa responsável pelo levantamento de dados, 2021.

Falta de material: constatou-se atraso na entrega de materiais essenciais à continuidade de certas atividades, atrasando assim a finalização das mesmas, sendo, portanto, considerado fator de contexto.

4.4. LEVANTAMENTO DE PRODUTIVIDADE

Como apresentado anteriormente, a produtividade foi medida através do indicador RUP (Razão Unitária de Produção). Esse indicador utiliza a seguinte formulação para obtenção dos resultados:

$$RUP = \frac{Hh}{Q_s}$$

Onde Hh refere-se à quantidade de homem hora disponível e Q_s à quantidade de serviços realizados.

O estudo em questão teve como principal foco a mensuração das RUP's das atividades citadas do item 4.2.1 ao item 4.2.5, ainda que diversas outras etapas estivessem envolvidas na obra. Essa delimitação foi necessária devido à dificuldade de estudar os outros serviços que não entraram para o escopo deste trabalho. Além disso, a empresa contratada para realizar a montagem eletromecânica da usina foi uma, enquanto a parte de infraestrutura (drenagem, cercamento, etc.) ficaram sob responsabilidade de outra empresa.

Em todas as atividades seguiu-se a mesma forma de tratamento dos dados, definindo a equipe empregada para a atividade em questão, a quantidade de horas dedicadas a cada atividade e a quantidade de serviço evoluída a cada dia, para em seguida realizar os cálculos e gerar os gráficos conforme bibliografia apresentada no Capítulo 2.

A equipe total (para todas as atividades) contou com 12 funcionários, alternando de tempos em tempos entre as atividades realizadas no canteiro por dia. O tempo de duração das atividades foi medido a partir do início dela até a interrupção para troca de atividade ou para encerramento de turno. A quantidade de serviço medida baseou-se nas particularidades de cada atividade, ocorrendo mensuração por metro cúbico de concreto, por unidade executada (por estaca, por módulo, por atuador ou por caixa de passagem), por metro ou por fileira de módulos (contendo 28 módulos cada uma delas).

Vale ressaltar que os tempos auxiliares e improdutivo são inclusos no cálculo, já que mesmo que não agreguem valor ao produto, estão presentes no canteiro e precisam ser considerados no indicador de produtividade para que este possa ser usado para tomada de decisões de gestão. Ou seja, dias em que os tempos auxiliares e improdutivo são maiores, o indicador de produtividade deve ser pior para

que uma ação possa ser tomada antes mesmo do serviço acabar. Um outro aspecto é que considerar as ineficiências no indicador, permite o uso dos indicadores levantados para futuros planejamentos e orçamentos. Dessa forma, através do método apresentado no Capítulo 3, foi possível levantar as produtividades conforme seguem do item 4.4.1 ao item 4.4.14.

4.4.1. PERFURAÇÃO DAS ESTACAS

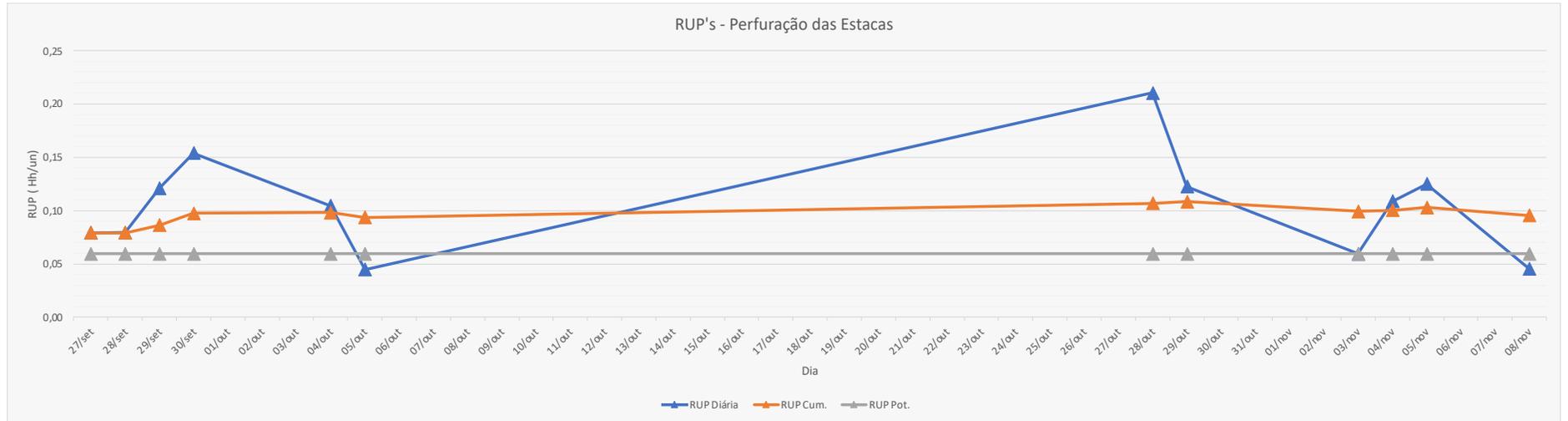
Conforme apresentado no item 4.2.1, a perfuração das estacas contou com um operador de máquina e um servente que variou entre instalador e auxiliar de instalação no decorrer da obra, mantendo sempre uma equipe de dois funcionários.

A Tabela 2 apresenta os dados diários levantados para a atividade de perfuração das estacas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 38 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 2 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de perfuração das estacas.

ETAPA:	Estrutura de Fundação															
ATIVIDADE:	Perfuração das Estacas															
Data	Homens				Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total												
27/set	1,00	0,00	1,00	2,00	02:20	2,33	59	0,08 Hh/un	4,66	59	0,08 Hh/un	0,08	0,06 Hh/un	Efeitos de chuva e tempestade de areia do fim de semana.		
28/set	0,00	1,00	1,00	2,00	04:10	4,17	105	0,08 Hh/un	13	164	0,08 Hh/un	0,08				
29/set	0,00	1,00	1,00	2,00	02:00	2,00	33	0,12 Hh/un	17	197	0,09 Hh/un					1:10h de chuva
30/set	1,00	0,00	1,00	2,00	03:00	3,00	39	0,15 Hh/un	23	236	0,10 Hh/un					
04/out	1,00	0,00	1,00	2,00	01:40	1,67	32	0,10 Hh/un	26,34	268	0,10 Hh/un					1:00h de chuva
05/out	1,00	0,00	1,00	2,00	00:35	0,58	26	0,04 Hh/un	27,5	294	0,09 Hh/un	0,04				
28/out	1,00	0,00	1,00	2,00	04:00	4,00	38	0,21 Hh/un	35,5	332	0,11 Hh/un					
29/out	1,00	0,00	1,00	2,00	02:20	2,33	38	0,12 Hh/un	40,16	370	0,11 Hh/un					
03/nov	0,00	1,00	1,00	2,00	02:30	2,50	84	0,06 Hh/un	45,16	454	0,10 Hh/un	0,06				
04/nov	1,00	0,00	1,00	2,00	02:30	2,50	46	0,11 Hh/un	50,16	500	0,10 Hh/un					
05/nov	1,00	0,00	1,00	2,00	04:00	4,00	64	0,13 Hh/un	58,16	564	0,10 Hh/un					
08/nov	1,00	0,00	1,00	2,00	02:00	2,00	88	0,05 Hh/un	62,16	652	0,10 Hh/un	0,05				

Figura 38 - Produtividade da equipe de perfuração das estacas.



Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a RUP diária teve uma variação entre 0,04 e 0,21 Hh/un, obtendo uma produtividade acumulada de 0,10 Hh/un e uma produtividade potencial de 0,06 Hh/un.

No caso da atividade em questão, inicialmente as perfurações aconteceram com uma broca de diâmetro menor do que o ideal para a execução das atividades seguintes, o que gerou retrabalho para a equipe e justifica as variações no início da coleta.

No dia 28 de outubro ocorreu o pior valor de RUP, justificado pela paralização que aconteceu entre o dia 05 e o dia 28, resultando em 23 dias sem execução da atividade. Como esse foi o dia em que os trabalhos voltaram, a execução e as equipes precisaram ser reorganizadas, perdendo-se o efeito do aprendizado (o qual ocorre quando se tem constância na produção).

No dia 05 de outubro é possível verificar a melhor produtividade encontrada para a atividade. A explicação para o acontecimento se deve ao fato de ter chovido no dia anterior, o que causou a umidificação do solo e, com isso, a maior facilidade para a perfuração dele.

4.4.2. POSICIONAMENTO E ALINHAMENTO DAS ESTACAS

Para o posicionamento e alinhamento das estacas, segundo item 4.2.1, utilizou-se equipes que variaram de 3 (três) à 8 (oito) trabalhadores, incluindo instalador e auxiliar de instalação.

A Tabela 3 apresenta os dados diários levantados para a atividade de posicionamento e alinhamento das estacas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 39 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 3 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.

ETAPA:	Estrutura de Fundação														
ATIVIDADE:	Posicionamento e Alinhamento das Estacas														
Data	Homens			Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total												
27/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	55	0,98 Hh/un	54	55	0,98 Hh/un		0,33 Hh/un	Efeitos de chuva e tempestade de areia do fim de semana.		
28/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	66	0,82 Hh/un	108	121	0,89 Hh/un					
29/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	74	0,73 Hh/un	162	195	0,83 Hh/un				1:10h de chuva	
30/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	77	0,70 Hh/un	216	272	0,79 Hh/un					
04/out	5,00	1,00	6,00	04:10	4,17	45	0,56 Hh/un	241,02	317	0,76 Hh/un	0,56			Atividade interrompida por falta de material.	1:00h de chuva
13/out	2,00	2,00	4,00	04:30	4,50	30	0,60 Hh/un	259,02	347	0,75 Hh/un	0,60				
14/out	3,00	1,00	4,00	04:30	4,50	9	2,00 Hh/un	277,02	356	0,78 Hh/un				Atividades pela manhã apenas	
15/out	3,00	0,00	3,00	04:30	4,50	17	0,79 Hh/un	290,52	373	0,78 Hh/un					
01/nov	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	60	0,30 Hh/un	308,52	433	0,71 Hh/un	0,30				
02/nov	2,00	0,00	2,00	08:00	8,00	76	0,21 Hh/un	324,52	509	0,64 Hh/un	0,21				
03/nov	5,00	0,00	5,00	08:50	8,83	42	1,05 Hh/un	368,67	551	0,67 Hh/un					
04/nov	4,00	0,00	4,00	08:50	8,83	42	0,84 Hh/un	403,99	593	0,68 Hh/un					
05/nov	4,00	0,00	4,00	08:50	8,83	106	0,33 Hh/un	439,31	699	0,63 Hh/un	0,33				

A partir dos dados obtidos é possível verificar que os valores de RUP diária variaram de 0,21 a 2,00 Hh/un, gerando uma RUP cumulativa de 0,63 Hh/un e uma RUP potencial de 0,33 Hh/un. Sendo assim, a produtividade acumulada é o melhor valor que representa a equipe que executou o serviço e a produtividade potencial serve como objetivo para as próximas obras.

Conforme observado, houve uma variação da produtividade da atividade na ordem de 320% considerando o pior valor de RUP diária e a RUP cumulativa ao fim da análise. Percebe-se também que o ponto de maior variação observado no dia 14 de outubro é uma anormalidade, isso porque essa grande variação não volta a ocorrer no decorrer da atividade. Não foi possível apontar os motivos de ter ocorrido anormalidade nesse ponto, gerando uma produtividade tão baixa. Por isso a análise foi refeita para essa atividade desconsiderando o ponto espúrio e evitando grandes desvios. Portanto, a Tabela 4 e a Figura 40 representam os resultados obtidos.

Tabela 4 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de posicionamento e alinhamento das estacas.

ETAPA:	Estrutura de Fundação														
ATIVIDADE:	Posicionamento e Alinhamento das Estacas														
Data	Homens			Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total												
27/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	55	0,98 Hh/un	54	55	0,98 Hh/un		0,33 Hh/un	Efeitos de chuva e tempestade de areia do fim de semana.		
28/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	66	0,82 Hh/un	108	121	0,89 Hh/un					
29/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	74	0,73 Hh/un	162	195	0,83 Hh/un				1:10h de chuva	
30/set	5,00	1,00	6,00	09:00	9,00	77	0,70 Hh/un	216	272	0,79 Hh/un					
04/out	5,00	1,00	6,00	04:10	4,17	45	0,56 Hh/un	241,02	317	0,76 Hh/un	0,56			Atividade interrompida por falta de material.	1:00h de chuva
13/out	2,00	2,00	4,00	04:30	4,50	30	0,60 Hh/un	259,02	347	0,75 Hh/un	0,60				
15/out	3,00	0,00	3,00	04:30	4,50	17	0,79 Hh/un	272,52	364	0,75 Hh/un					
01/nov	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	60	0,30 Hh/un	290,52	424	0,69 Hh/un	0,30				
02/nov	2,00	0,00	2,00	08:00	8,00	76	0,21 Hh/un	306,52	500	0,61 Hh/un	0,21				
03/nov	5,00	0,00	5,00	08:50	8,83	42	1,05 Hh/un	350,67	542	0,65 Hh/un					
04/nov	4,00	0,00	4,00	08:50	8,83	42	0,84 Hh/un	385,99	584	0,66 Hh/un					
05/nov	4,00	0,00	4,00	08:50	8,83	106	0,33 Hh/un	421,31	690	0,61 Hh/un	0,33				

Nota-se assim a diferença obtida devido à adaptação realizada (remoção do ponto espúrio) atenuando as variações. Nesse caso, a RUP diária variou de 0,21 a 1,05 Hh/un, gerando uma RUP cumulativa de 0,61 Hh/un e uma RUP potencial de 0,33 Hh/un.

No dia 02 de novembro foi observada a melhor produtividade da atividade, apresentado assim a possível equipe ideal para a execução dela, já que as equipes empregadas variaram no decorrer dos dias de execução do serviço. Já no dia 03 de outubro a produtividade caiu significativamente, apresentando seu pior índice.

Quando comparadas, as equipes do dia 02 e do dia 03 variaram bastante, demonstrando assim que não há necessidade de um número grande de funcionários na equipe para que a produtividade seja boa.

No geral, as chuvas recorrentes e intensas causaram retrabalho na atividade, pois alguns pilares que já estavam posicionados e alinhados, devido aos ventos e ao volume de água, acabaram perdendo o alinhamento.

4.4.3. CONCRETAGEM DAS ESTACAS

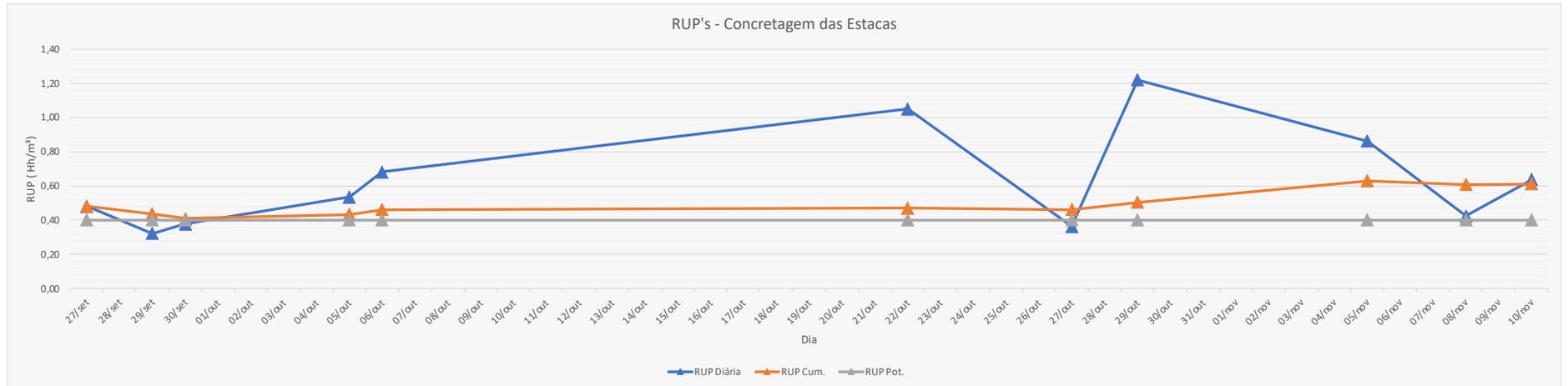
Ainda segundo item 4.2.1, para a concretagem das estacas utilizou-se equipes que variaram de 4 (quatro) à 7 (sete) trabalhadores, incluindo instalador, auxiliar de instalação e operador de máquina.

A Tabela 5 apresenta os dados diários levantados para a atividade de concretagem das estacas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 41 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 5 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de concretagem das estacas.

ETAPA:	Estrutura de Fundação																
ATIVIDADE:	Concretagem das Estacas																
Data	Homens				Horas		Qs		RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum. (m³ conc.)	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total			Estacas	m³ conc.									
27/set	4,00	1,00	0,00	5,00	02:30	2,50	91	26	0,48 Hh/m³	12,50	26	0,48 Hh/m³	0,48	0,40 Hh/m³	Efeitos de chuva e tempestade de areia do fim de semana.		
29/set	3,00	1,00	0,00	4,00	00:50	0,83	36	10	0,32 Hh/m³	15,82	36	0,44 Hh/m³	0,32				1:10h de chuva
30/set	3,00	1,00	0,00	4,00	02:40	2,67	99	28	0,38 Hh/m³	26,50	65	0,41 Hh/m³	0,38				
05/out	3,00	1,00	1,00	5,00	01:30	1,50	49	14	0,54 Hh/m³	34,00	79	0,43 Hh/m³	0,54				
06/out	2,00	3,00	1,00	6,00	01:10	1,17	36	10	0,68 Hh/m³	41,02	89	0,46 Hh/m³					
22/out	2,00	1,00	0,00	3,00	00:30	0,50	5	1	1,05 Hh/m³	42,52	90	0,47 Hh/m³					
27/out	3,00	1,00	0,00	4,00	00:50	0,83	32	9	0,36 Hh/m³	45,84	99	0,46 Hh/m³	0,36			Caminhão betoneira atolou.	
29/out	3,00	0,00	1,00	4,00	01:50	1,83	21	6	1,22 Hh/m³	53,16	105	0,50 Hh/m³					
05/nov	3,00	2,00	1,00	6,00	08:10	8,17	199	57	0,86 Hh/m³	102,18	162	0,63 Hh/m³					
08/nov	3,00	2,00	1,00	6,00	01:20	1,33	66	19	0,42 Hh/m³	110,16	181	0,61 Hh/m³	0,42				
10/nov	2,00	2,00	0,00	4,00	04:00	4,00	88	25	0,64 Hh/m³	126,16	206	0,61 Hh/m³					

Figura 41 - Produtividade da equipe de concretagem das estacas.



Para a última atividade de estrutura de fundação, através da análise dos dados é possível extrair as RUP's diárias que variam entre 0,32 e 1,22 Hh/m³ de concreto, além da RUP cumulativa de 0,61 Hh/m³ de concreto e da RUP potencial de 0,40 Hh/m³ de concreto. Da mesma forma que nas atividades anteriores, a produtividade acumulada é o melhor valor a se utilizar em futuros projetos, no entanto a equipe deve se basear na produtividade potencial para estipular novas metas para o serviço.

No dia 22 de outubro foi constatada uma produtividade ruim em comparação com os outros dias de coleta. O fator influenciador que ocasionou o acontecido foi o excesso de chuvas que causou o atolamento do caminhão betoneira. Já no dia 29 de outubro onde a produtividade foi a pior da atividade, não foi levantado nenhum fator influenciador que possa justificar o acontecido, sendo um provável desvio na elaboração do RDO pela empresa contratada.

O dia 29 de setembro teve a melhor produtividade da atividade, contando com uma equipe de 3 (três) instaladores e 1 (um) auxiliar de instalação.

Algumas atividades que não foram medidas e que necessitavam do bombeamento de concreto influenciaram na produtividade geral da atividade medida, já que em alguns casos o caminhão betoneira precisou se deslocar durante a execução de uma atividade para outra para suprir a demanda de concreto de todas os serviços da obra.

4.4.4. MONTAGEM E ALINHAMENTO DO *PILE HEAD*

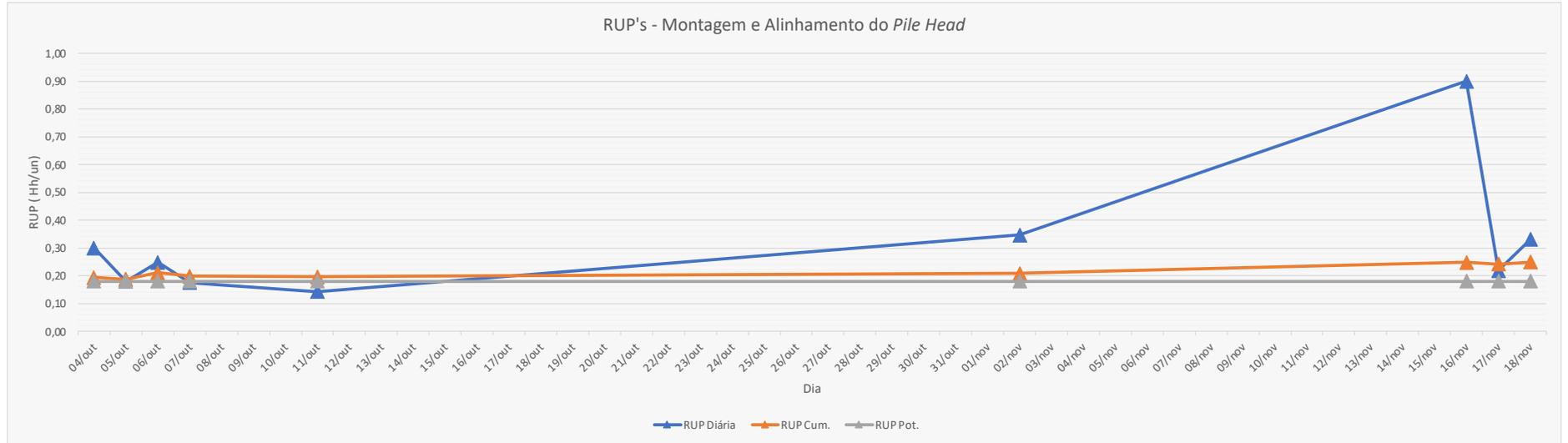
Conforme item 4.2.2, a montagem e alinhamento do *pile head* contou com uma equipe que variou de 2 (dois) à 4 (quatro) trabalhadores, incluindo instaladores e auxiliares de instalação.

A Tabela 6 apresenta os dados diários levantados para a atividade de montagem e alinhamento do *pile head*, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 42 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 6 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem e alinhamento do *pile head*.

ETAPA:	Montagem das Estruturas de Fixação													
ATIVIDADE:	Montagem e Alinhamento do <i>Pile Head</i>													
Data	Homens			Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total											
04/out	1,00	2,00	3,00	08:00	8,00	80	0,30 Hh/un	24	124	0,19 Hh/un		0,18 Hh/un		1:00h de chuva
05/out	0,00	2,00	2,00	09:00	9,00	100	0,18 Hh/un	42	224	0,19 Hh/un	0,18			
06/out	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	145	0,25 Hh/un	78	369	0,21 Hh/un	0,25			
07/out	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	205	0,18 Hh/un	114	574	0,20 Hh/un	0,18			1:40h de chuva
11/out	1,00	1,00	2,00	02:00	2,00	28	0,14 Hh/un	118	602	0,20 Hh/un	0,14			
02/nov	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	52	0,35 Hh/un	136	654	0,21 Hh/un				
16/nov	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	40	0,90 Hh/un	172	694	0,25 Hh/un				
17/nov	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	165	0,22 Hh/un	208	859	0,24 Hh/un	0,22			
18/nov	1,00	2,00	3,00	07:30	7,50	68	0,33 Hh/un	230,5	927	0,25 Hh/un				

Figura 42 - Produtividade da equipe de montagem e alinhamento do *pile head*.



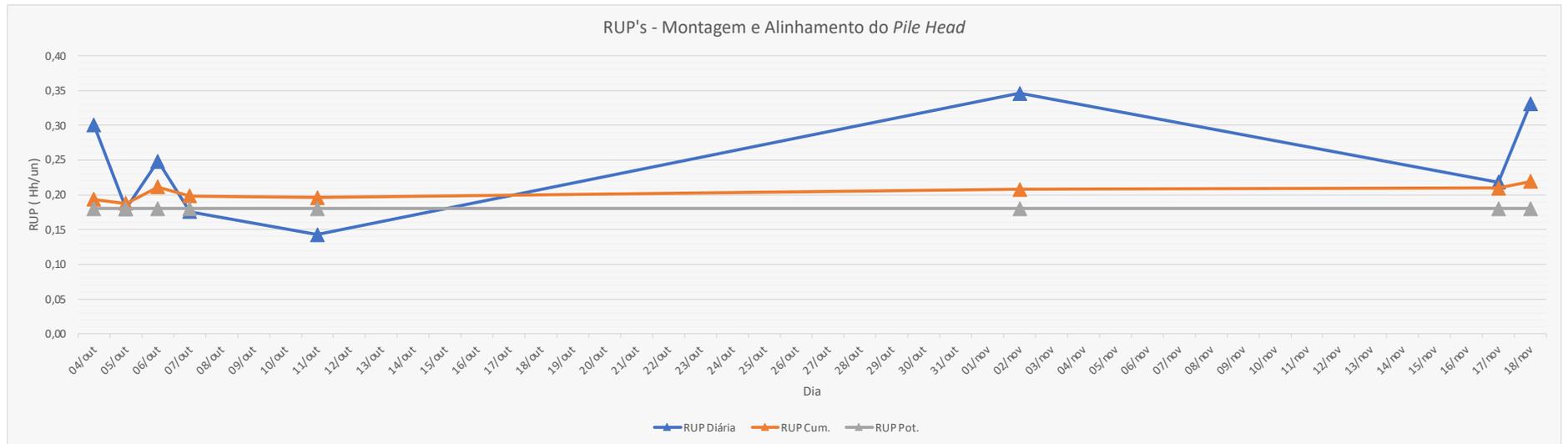
A partir dos dados obtidos é possível verificar que os valores de RUP diária variaram de 0,14 a 0,90 Hh/un, gerando uma RUP cumulativa de 0,25 Hh/un e uma RUP potencial de 0,18 Hh/un. A produtividade acumulada, portanto, é o melhor valor que representa a equipe que executou o serviço.

O ponto que apresenta pior produtividade ocorreu no dia 16 de novembro e é considerado uma anormalidade, visto que exibe variação muito maior do que nos outros dias de coleta. Não foi identificada justificativa para o ponto de anormalidade que gerou produtividade tão negativa. Por isso a análise foi refeita excluindo o ponto espúrio conforme apresentado na Tabela 7 e na Figura 43.

Tabela 7 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de montagem e alinhamento do *pile head*.

ETAPA:	Montagem das Estruturas de Fixação													
ATIVIDADE:	Montagem e Alinhamento do <i>Pile Head</i>													
Data	Homens			Horas	Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total											
04/out	1,00	2,00	3,00	08:00	8,00	80	0,30 Hh/un	24	124	0,19 Hh/un	0,18 Hh/un		1:00h de chuva	
05/out	0,00	2,00	2,00	09:00	9,00	100	0,18 Hh/un	42	224	0,19 Hh/un		0,18		
06/out	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	145	0,25 Hh/un	78	369	0,21 Hh/un				
07/out	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	205	0,18 Hh/un	114	574	0,20 Hh/un		0,18		1:40h de chuva
11/out	1,00	1,00	2,00	02:00	2,00	28	0,14 Hh/un	118	602	0,20 Hh/un		0,14		
02/nov	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	52	0,35 Hh/un	136	654	0,21 Hh/un				
17/nov	1,00	3,00	4,00	09:00	9,00	165	0,22 Hh/un	172	819	0,21 Hh/un		0,22		
18/nov	1,00	2,00	3,00	07:30	7,50	68	0,33 Hh/un	194,5	887	0,22 Hh/un				

Figura 43 - Produtividade ajustada da equipe de montagem e alinhamento do *pile head*.



Nota-se assim a diferença obtida devido à adaptação realizada (remoção do ponto espúrio) atenuando as variações. Nesse caso, a RUP diária variou de 0,14 a 0,35 Hh/un, gerando uma RUP cumulativa de 0,22 Hh/un e uma RUP potencial de 0,18 Hh/un.

O melhor valor de produtividade ocorreu no dia 11 de novembro com RUP diária de 0,14 Hh/un enquanto o pior valor ocorreu no dia 02 de novembro com 0,35 Hh/un. Não foram observados fatores influenciadores que justifiquem as variações, concluindo-se, portanto, que essas estão dentro da margem esperada para uma execução adequada.

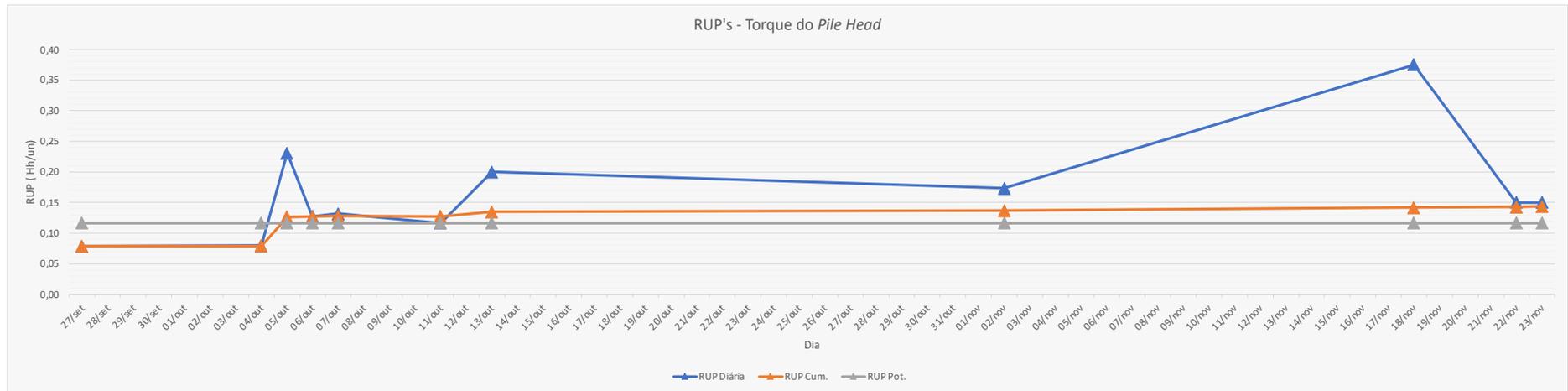
4.4.5. TORQUE DO *PILE HEAD*

Para o torque do *pile head*, segundo item 4.2.2, utilizou-se equipes que variaram de 1 (um) à 4 (quatro) trabalhadores, incluindo instalador e auxiliar de instalação.

A Tabela 8 apresenta os dados diários levantados para a atividade de torque do *pile head*, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 44 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 8 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de torque do *pile head*.

ETAPA:	Montagem das Estruturas de Fixação													
ATIVIDADE:	Torque do <i>Pile Head</i>													
Data	Homens			Horas	Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total											
27/set	0,00	1,00	1,00	09:00	9,00	115	0,08 Hh/un	9	115	0,08 Hh/un	0,08	0,12 Hh/un	Efeitos de chuva e tempestade de areia do fim de semana. Torquímetro apresentou defeito.	
04/out	1,00	2,00	3,00	04:30	4,50	170	0,08 Hh/un	22,5	285	0,08 Hh/un	0,08		Compra de dois novos torquímetros.	1:00h de chuva
05/out	4,00	0,00	4,00	07:30	7,50	130	0,23 Hh/un	52,5	415	0,13 Hh/un				
06/out	2,00	1,00	3,00	07:00	7,00	165	0,13 Hh/un	73,5	580	0,13 Hh/un	0,13			
07/out	2,00	1,00	3,00	09:00	9,00	205	0,13 Hh/un	100,5	785	0,13 Hh/un	0,13		Devido a intensa chuva durante madrugada, foi observado vários pontos de alagamento no canteiro de obra, deixando parte canteiro com solo escorregadio. Além disso o trabalho foi feito com capas de chuva devido ao clima.	1:40h de chuva
11/out	1,00	1,00	2,00	02:30	2,50	43	0,12 Hh/un	105,5	828	0,13 Hh/un	0,12			
13/out	2,00	2,00	4,00	04:30	4,50	90	0,20 Hh/un	123,5	918	0,13 Hh/un				
02/nov	1,00	0,00	1,00	09:00	9,00	52	0,17 Hh/un	132,5	970	0,14 Hh/un				
18/nov	1,00	0,00	1,00	07:30	7,50	20	0,38 Hh/un	140	990	0,14 Hh/un			Torquímetro quebrou.	
22/nov	2,00	1,00	3,00	09:00	9,00	180	0,15 Hh/un	167	1170	0,14 Hh/un				
23/nov	0,00	2,00	2,00	09:00	9,00	120	0,15 Hh/un	185	1290	0,14 Hh/un		Troca de parafusadeira.		

Figura 44 - Produtividade da equipe de torque do *pile head*.

Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a RUP diária teve uma variação entre 0,12 e 0,38 Hh/un, obtendo uma produtividade acumulada de 0,14 Hh/un e uma produtividade potencial de 0,12 Hh/un. Assim como nas outras atividades, a RUP que melhor representa a produtividade é a acumulada.

A atividade no geral teve sua produtividade influenciada devido à quebra dos torquímetros que estavam sendo utilizados na execução do serviço, causando a paralização das atividades e a necessidade de troca ou conserto dos equipamentos. O maior exemplo disso ocorreu no dia em que a atividade apresentou seu pior desempenho com uma RUP de 0,38 Hh/un, onde foi identificado defeito no equipamento essencial à execução da atividade, sendo esse o principal fator influenciador nesse caso.

Apesar disso, analisando os dados resultantes observa-se que a atividade não teve muita variação entre os maiores e menores valores de produtividade, quando comparada às outras atividades analisadas nesse trabalho.

4.4.6. MONTAGEM DAS SELAS

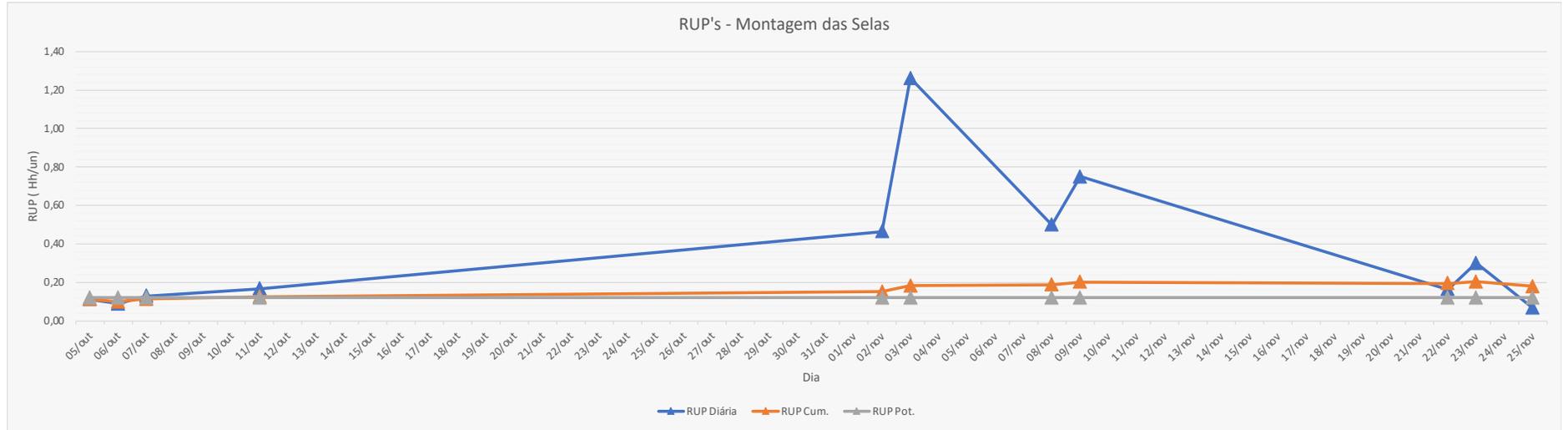
Ainda segundo item 4.2.2, para a montagem das selas utilizou-se equipes que variaram de 1 (um) à 4 (quatro) trabalhadores, incluindo instalador e auxiliar de instalação.

A Tabela 9 apresenta os dados diários levantados para a atividade de montagem das selas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 45 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 9 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem das selas.

ETAPA:	Montagem das Estruturas de Fixação													
ATIVIDADE:	Montagem das Selas													
Data	Homens			Horas	Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total											
05/out	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	80	0,11 Hh/un	9	80	0,11 Hh/un	0,11			
06/out	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	100	0,09 Hh/un	18	180	0,10 Hh/un	0,09			
07/out	3,00	1,00	4,00	05:30	5,50	170	0,13 Hh/un	40	350	0,11 Hh/un	0,13	0,12 Hh/un	Devido a intensa chuva durante madrugada, foi observado vários pontos de alagamento no canteiro de obra, deixando parte canteiro com solo escorregadio. Além disso o trabalho foi feito com capas de chuva devido ao clima.	1:40h de chuva
11/out	1,00	1,00	2,00	09:00	9,00	108	0,17 Hh/un	58	458	0,13 Hh/un	0,17			
02/nov	2,00	0,00	2,00	08:50	8,83	38	0,46 Hh/un	75,66	496	0,15 Hh/un				
03/nov	0,00	2,00	2,00	08:50	8,83	14	1,26 Hh/un	93,32	510	0,18 Hh/un				
08/nov	0,00	1,00	1,00	04:30	4,50	9	0,50 Hh/un	97,82	519	0,19 Hh/un				
09/nov	0,00	1,00	1,00	09:00	9,00	12	0,75 Hh/un	106,82	531	0,20 Hh/un				
22/nov	1,00	1,00	2,00	09:00	9,00	110	0,16 Hh/un	124,82	641	0,19 Hh/un	0,16			
23/nov	1,00	1,00	2,00	09:00	9,00	60	0,30 Hh/un	142,82	701	0,20 Hh/un			Troca de parafusadeira.	
25/nov	1,00	1,00	2,00	05:00	5,00	150	0,07 Hh/un	152,82	851	0,18 Hh/un	0,07			

Figura 45 - Produtividade da equipe de montagem das selas.



Para a última atividade de montagem das estruturas de fixação, através da análise dos dados é possível extrair as RUP's diárias que variam entre 0,07 e 1,26 Hh/un, além da RUP cumulativa de 0,18 Hh/un e da RUP potencial de 0,12 Hh/un. A produtividade acumulada é o melhor valor a se utilizar em futuros projetos e a produtividade potencial para estipular novas metas para o serviço.

Da mesma forma que a atividade anterior e todas as que seguem que utilizam torquímetro em suas execuções, a produtividade no geral foi afetada devido à quebra dos equipamentos. Ao longo de toda a obra exigiu-se o uso de torquímetro em diversas atividades e, por ser utilizado muitas vezes e no seu extremo, o equipamento por vezes apresentava defeito.

No dia 03 e no dia 09 de novembro a atividade apresentou valores ruins de produtividade quando comparados aos outros dias de serviço, enquanto nos dias 06 de outubro e 25 de novembro a produtividade foi exemplar. Mesmo apresentando tais resultados não foi possível chegar a uma conclusão a respeito dos valores obtidos, já que não houve um padrão de variações nas observações que pudessem justificar tais resultados.

4.4.7. MONTAGEM E FIXAÇÃO DOS EIXOS E TIRANTES

Conforme item 4.2.3, a montagem e fixação dos eixos e tirantes contou com uma equipe que variou de 1 (um) à 6 (seis) trabalhadores, incluindo instalador, auxiliar de instalação e operador de máquina.

A Tabela 10 apresenta os dados diários levantados para a atividade de montagem e fixação dos eixos e tirantes, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 46 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 10 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem e fixação dos eixos e tirantes.

ETAPA:		Montagem dos Trackers													
ATIVIDADE:		Montagem e Fixação dos Eixos e Tirantes													
Data	Homens				Horas	Qs (fileira)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total											
05/out	2,00	1,00	1,00	4,00	02:30	2,50	19	0,53 Hh/fileira	10	19	0,53 Hh/fileira	0,53			
06/out	3,00	0,00	1,00	4,00	02:00	2,00	9	0,89 Hh/fileira	18	28	0,64 Hh/fileira				
07/out	3,00	0,00	1,00	4,00	03:30	3,50	24	0,58 Hh/fileira	32	52	0,62 Hh/fileira	0,58	Devido a intensa chuva durante madrugada, foi observado vários pontos de alagamento no canteiro de obra, deixando parte canteiro com solo escorregadio. Além disso o trabalho foi feito com capas de chuva devido ao clima.	1:40h de chuva	
13/out	1,00	1,00	0,00	2,00	02:30	2,50	8	0,63 Hh/fileira	37	60	0,62 Hh/fileira	0,63			
15/out	1,00	1,00	0,00	2,00	04:00	4,00	13	0,62 Hh/fileira	45	73	0,62 Hh/fileira	0,62			
19/out	0,00	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	6	1,50 Hh/fileira	54	79	0,68 Hh/fileira			2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde	
20/out	0,00	2,00	0,00	2,00	07:30	7,50	7	2,14 Hh/fileira	69	86	0,80 Hh/fileira				
25/out	1,00	1,00	0,00	2,00	09:00	9,00	48	0,38 Hh/fileira	87	134	0,65 Hh/fileira	0,38			
28/out	1,00	1,00	0,00	2,00	09:00	9,00	6	3,00 Hh/fileira	105	140	0,75 Hh/fileira				
03/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	08:50	8,83	14	1,26 Hh/fileira	122,66	154	0,80 Hh/fileira				
04/nov	0,00	1,00	0,00	1,00	08:50	8,83	14	0,63 Hh/fileira	131,49	168	0,78 Hh/fileira	0,63			
05/nov	0,00	1,00	0,00	1,00	08:50	8,83	14	0,63 Hh/fileira	140,32	182	0,77 Hh/fileira	0,63			
10/nov	0,00	1,00	0,00	1,00	04:30	4,50	4	1,13 Hh/fileira	144,82	186	0,78 Hh/fileira				
12/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	23	0,78 Hh/fileira	162,82	209	0,78 Hh/fileira	0,78			
22/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	06:00	6,00	12	1,00 Hh/fileira	174,82	221	0,79 Hh/fileira				
24/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	03:10	3,17	8	0,79 Hh/fileira	181,16	229	0,79 Hh/fileira	0,79			
25/nov	1,00	0,00	0,00	1,00	09:30	9,50	13	0,73 Hh/fileira	190,66	242	0,79 Hh/fileira	0,73			
26/nov	0,00	1,00	0,00	1,00	04:00	4,00	7	0,57 Hh/fileira	194,66	249	0,78 Hh/fileira	0,57	Chuva de 30 mm ao longo do dia, atividades iniciaram às 13h devido à chuva.	Chuva ao longo do dia todo.	
29/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	10	1,80 Hh/fileira	212,66	259	0,82 Hh/fileira				
30/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	03:30	3,50	6	1,17 Hh/fileira	219,66	265	0,83 Hh/fileira			Chuva entre 10:40 e 12:20, intermitente a tarde.	
01/dez	0,00	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	8	1,13 Hh/fileira	228,66	273	0,84 Hh/fileira				
02/dez	0,00	2,00	0,00	2,00	02:00	2,00	4	1,00 Hh/fileira	232,66	277	0,84 Hh/fileira				
03/dez	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	22	0,82 Hh/fileira	250,66	299	0,84 Hh/fileira	0,82		Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.	

Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a RUP diária teve uma variação entre 0,38 e 3,00 Hh/fileira, obtendo uma produtividade acumulada de 0,84 Hh/fileira e uma produtividade potencial de 0,63 Hh/fileira. Isso mostra que a produtividade acumulada é ideal para representar a mão de obra, enquanto as metas estipuladas para futuras obras da equipe sejam baseadas na produtividade potencial.

Nos dias 20 e 28 de outubro percebe-se que a produtividade teve seus piores índices, no entanto, nos dias 07 e 25 de outubro e no dia 26 de novembro ela apresentou seus melhores índices. Percebe-se que essa é uma atividade que não recebeu influência da chuva pois, nos dias em que apresentou incidência, a produtividade não foi afetada negativamente.

Não foi possível identificar um motivo para a queda da produtividade nos momentos de pico do gráfico, ainda que as variações sejam significativas, indicando uma possível falha na comunicação da equipe de obra com a equipe supervisora.

4.4.8. MONTAGEM DOS ATUADORES

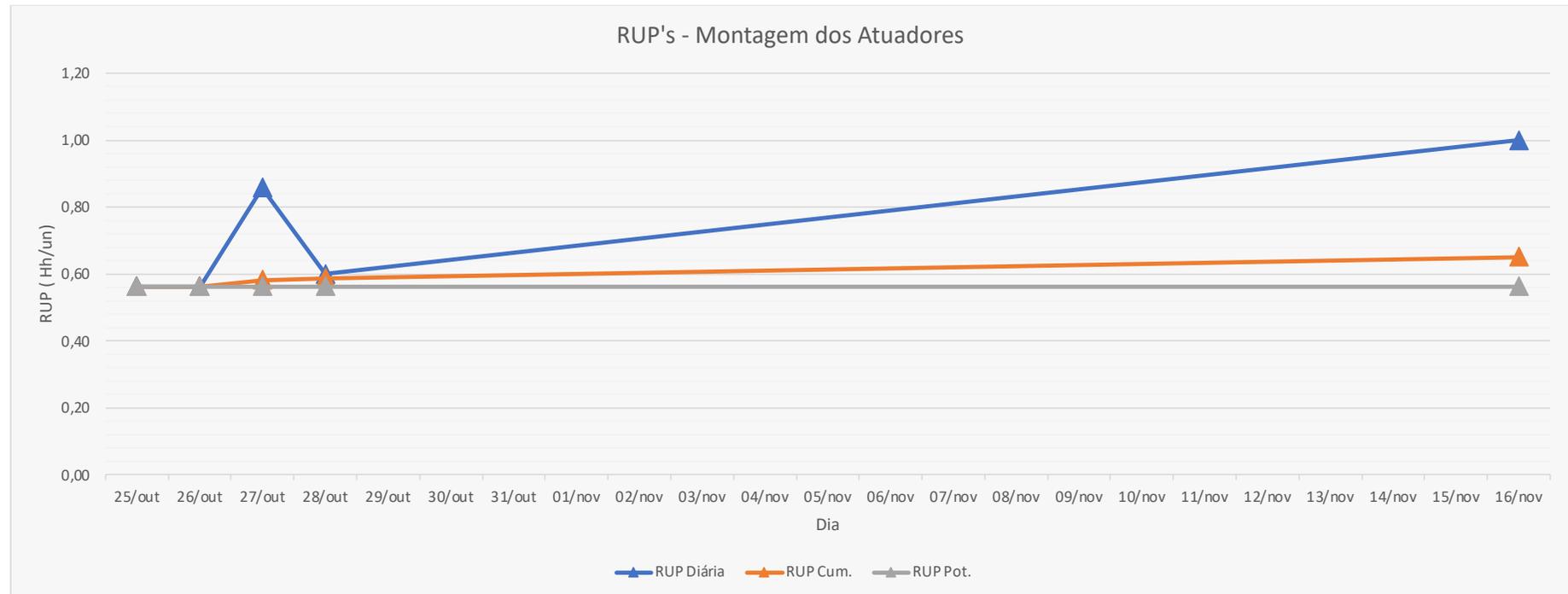
Para a montagem dos atuadores, segundo item 4.2.3, utilizou-se equipes de 3 (três) funcionários, variando entre instaladores e auxiliares de instalação.

A Tabela 11 apresenta os dados diários levantados para a atividade de montagem dos atuadores, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 47 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 11 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem dos atuadores.

ETAPA:	Montagem dos Trackers												
ATIVIDADE:	Montagem dos Atuadores												
Data	Homens			Horas	Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total										
25/out	3,00	0,00	3,00	09:00	9,00	48	0,56 Hh/un	27	48	0,56 Hh/un	0,56		
26/out	3,00	0,00	3,00	09:00	9,00	48	0,56 Hh/un	54	96	0,56 Hh/un	0,56		
27/out	3,00	0,00	3,00	02:00	2,00	7	0,86 Hh/un	60	103	0,58 Hh/un			
28/out	3,00	0,00	3,00	09:00	9,00	45	0,60 Hh/un	87	148	0,59 Hh/un	0,60		
16/nov	2,00	1,00	3,00	09:00	9,00	27	1,00 Hh/un	114	175	0,65 Hh/un			

Figura 47 - Produtividade da equipe de montagem dos atuadores.



Para a última atividade de montagem dos *trackers*, através da análise dos dados é possível extrair as RUP's diárias que variam entre 0,56 e 1,00 Hh/un, RUP cumulativa de 0,65 Hh/un e RUP potencial de 0,56 Hh/un.

No dia 16 de novembro a produtividade teve seu pico em 1,00 Hh/un, sendo justificado pela paralização das atividades por um longo período, entre os dias 28 de outubro e o dia 16 de novembro, criando um intervalo de 18 dias sem serviço. Essa pausa faz com que, na volta, o trabalho e as equipes precisem ser reorganizados, perdendo-se o efeito do aprendizado.

4.4.9. MONTAGEM DAS TERÇAS

Conforme item 4.2.4, a montagem das terças contou com uma equipe que variou de 2 (dois) à 5 (cinco) trabalhadores, incluindo instalador, auxiliar de instalação e operador de máquina.

A Tabela 12 apresenta os dados diários levantados para a atividade de montagem das terças, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 48 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 12 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de montagem das terças.

ETAPA:		Montagem dos Módulos													
ATIVIDADE:		Montagem das Terças													
Data	Homens				Horas		Qs (fileira)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total											
11/out	1,00	3,00	1,00	5,00	02:00	2,00	12	0,83 Hh/fileira	10	12	0,83 Hh/fileira	0,83			
13/out	2,00	2,00	0,00	4,00	09:00	9,00	7	5,14 Hh/fileira	46	19	2,42 Hh/fileira				
14/out	2,00	2,00	0,00	4,00	04:30	4,50	8	2,25 Hh/fileira	64	27	2,37 Hh/fileira		Atividades pela manhã apenas		
19/out	2,00	2,00	0,00	4,00	03:00	3,00	18	0,67 Hh/fileira	76	45	1,69 Hh/fileira	0,67		2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde	
20/out	2,00	2,00	0,00	4,00	09:00	9,00	8	4,50 Hh/fileira	112	53	2,11 Hh/fileira				
21/out	1,00	2,00	0,00	3,00	09:00	9,00	12	2,25 Hh/fileira	139	65	2,14 Hh/fileira				
22/out	1,00	2,00	0,00	3,00	09:00	9,00	10	2,70 Hh/fileira	166	75	2,21 Hh/fileira				
25/out	1,00	3,00	0,00	4,00	09:00	9,00	48	0,75 Hh/fileira	202	123	1,64 Hh/fileira	0,75			
02/nov	2,00	0,00	0,00	2,00	08:00	8,00	17	0,94 Hh/fileira	218	140	1,56 Hh/fileira	0,94			
03/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	23	0,78 Hh/fileira	236	163	1,45 Hh/fileira	0,78			
04/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	05:00	5,00	4	2,50 Hh/fileira	246	167	1,47 Hh/fileira				
08/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	8	1,13 Hh/fileira	255	175	1,46 Hh/fileira	1,13			
09/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	10	0,90 Hh/fileira	264	185	1,43 Hh/fileira	0,90			
10/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	04:30	4,50	7	1,29 Hh/fileira	273	192	1,42 Hh/fileira	1,29			
16/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	9	2,00 Hh/fileira	291	201	1,45 Hh/fileira				
17/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	10	1,80 Hh/fileira	309	211	1,46 Hh/fileira				
18/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	07:30	7,50	7	2,14 Hh/fileira	324	218	1,49 Hh/fileira				
22/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	07:00	7,00	10	1,40 Hh/fileira	338	228	1,48 Hh/fileira	1,40			
23/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	9	2,00 Hh/fileira	356	237	1,50 Hh/fileira		Troca de parafusadeira.		
24/nov	0,00	2,00	0,00	2,00	09:00	9,00	16	1,13 Hh/fileira	374	253	1,48 Hh/fileira	1,13			
29/nov	1,00	1,00	0,00	2,00	09:00	9,00	9	2,00 Hh/fileira	392	262	1,50 Hh/fileira				
30/nov	1,00	1,00	0,00	2,00	03:10	3,17	3	2,11 Hh/fileira	398,34	265	1,50 Hh/fileira			Chuva entre 10:40 e 12:20, intermitente a tarde.	
01/dez	1,00	1,00	0,00	2,00	10:00	10,00	11	1,82 Hh/fileira	418,34	276	1,52 Hh/fileira				
03/dez	1,00	1,00	0,00	2,00	09:00	9,00	7	2,57 Hh/fileira	436,34	283	1,54 Hh/fileira			Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.	

A partir dos dados obtidos é possível verificar que os valores de RUP diária variaram de 0,67 a 5,14 Hh/fileira, gerando uma RUP cumulativa de 1,54 Hh/fileira e uma RUP potencial de 0,92 Hh/fileira. Sendo assim, a produtividade acumulada é o melhor valor que representa a equipe que executou o serviço e a produtividade potencial serve como objetivo para as próximas obras.

O gráfico gerado apresenta algumas variações mais pontuais, tais como a RUP diária dos dias 13 e 20 de outubro, que tiveram seus valores muito altos, representando uma baixa produtividade. Esses valores altos são decorrência das chuvas dos dias anteriores às atividades, que prejudicam a locomoção no canteiro de obras e conseqüentemente afetam negativamente a produtividade.

Os dias 19 e 25 de outubro apresentam os menores valores para a RUP diária, representando assim os dias de melhor produtividade. Esses dias de produtividade ótima servem como modelo e inspiração para as próximas obras da equipe.

4.4.10. FIXAÇÃO DOS MÓDULOS

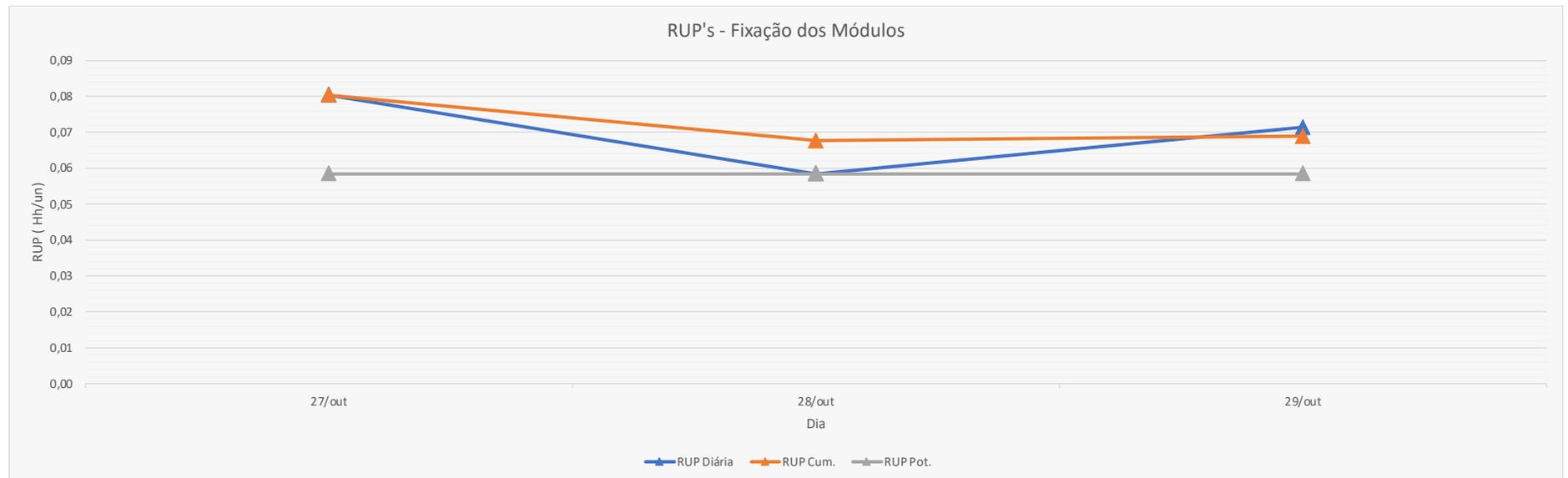
Para a fixação dos módulos, segundo item 4.4.4, utilizou-se equipes de 2 (dois) funcionários, sendo ambos instaladores.

A Tabela 13 apresenta os dados diários levantados para a atividade de fixação dos módulos, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 49 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 13 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de fixação dos módulos.

ETAPA:	Montagem dos Módulos													
ATIVIDADE:	Fixação dos Módulos													
Data	Homens		Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Total												
27/out	2,00	2,00	09:00	9,00	224	0,08 Hh/un	18	224	0,08 Hh/un		0,06 Hh/un			
28/out	2,00	2,00	09:00	9,00	308	0,06 Hh/un	36	532	0,07 Hh/un	0,06				
29/out	2,00	2,00	09:00	9,00	252	0,07 Hh/un	54	784	0,07 Hh/un					

Figura 49 - Produtividade da equipe de fixação dos módulos.



Para a última atividade de montagem de módulos, através da análise dos dados é possível extrair as RUP's diárias que variam entre 0,06 e 0,08 Hh/un, além da RUP cumulativa de 0,07 Hh/un e da RUP potencial de 0,06 Hh/un. Por ser uma atividade ágil e de produtividade alta, o serviço foi finalizado em apenas 3 (três) dias de coleta. A variação das coletas foi mínima, não apresentando, portanto, qualquer fator de influência nos resultados nos dias de montagem.

4.4.11. ESCAVAÇÃO DAS VALAS

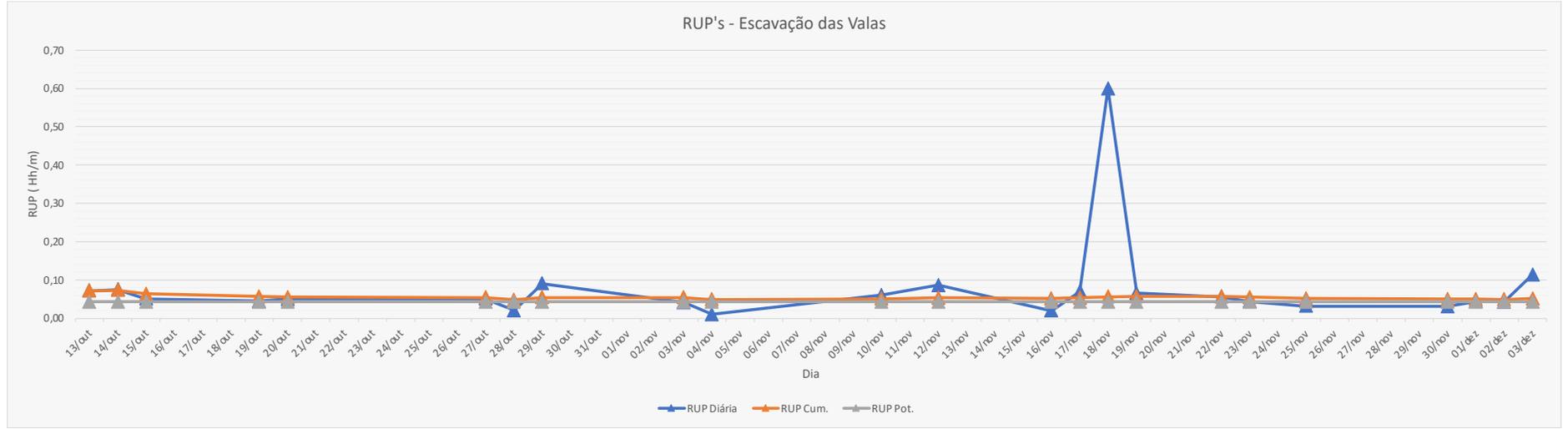
Conforme item 4.2.5, a escavação das valas contou com uma equipe de 1 (um) funcionário apenas, sendo ele um operador de máquina.

A Tabela 14 apresenta os dados diários levantados para a atividade de escavação das valas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 50 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 14 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de escavação das valas.

ETAPA:	Infraestrutura de Valas												
ATIVIDADE:	Escavação das Valas												
Data	Homens		Horas		Qs (m)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Operador de Máquina	Total											
13/out	1,00	1,00	03:00	3,00	42	0,07 Hh/m	3	42	0,07 Hh/m				
14/out	1,00	1,00	04:30	4,50	60	0,08 Hh/m	7,5	102	0,07 Hh/m			Atividades pela manhã apenas	
15/out	1,00	1,00	04:00	4,00	79	0,05 Hh/m	11,5	181	0,06 Hh/m	0,05			
19/out	1,00	1,00	04:30	4,50	101,2	0,04 Hh/m	16	282,2	0,06 Hh/m	0,04			2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde
20/out	1,00	1,00	03:30	3,50	70	0,05 Hh/m	19,5	352,2	0,06 Hh/m	0,05			Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas
27/out	1,00	1,00	05:00	5,00	98	0,05 Hh/m	24,5	450,2	0,05 Hh/m	0,05			
28/out	1,00	1,00	02:00	2,00	98	0,02 Hh/m	26,5	548,2	0,05 Hh/m	0,02			
29/out	1,00	1,00	08:40	8,67	96	0,09 Hh/m	35,17	644,2	0,05 Hh/m				
03/nov	1,00	1,00	01:00	1,00	24	0,04 Hh/m	36,17	668,2	0,05 Hh/m	0,04			
04/nov	1,00	1,00	01:00	1,00	95	0,01 Hh/m	37,17	763,2	0,05 Hh/m	0,01			
10/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	148,4	0,06 Hh/m	46,17	911,6	0,05 Hh/m				
12/nov	1,00	1,00	07:00	7,00	81	0,09 Hh/m	53,17	992,6	0,05 Hh/m				
16/nov	1,00	1,00	01:10	1,17	60	0,02 Hh/m	54,34	1052,6	0,05 Hh/m	0,02			
17/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	129	0,07 Hh/m	63,34	1181,6	0,05 Hh/m		0,04 Hh/m		
18/nov	1,00	1,00	03:00	3,00	5	0,60 Hh/m	66,34	1186,6	0,06 Hh/m				
19/nov	1,00	1,00	07:30	7,50	114	0,07 Hh/m	73,84	1300,6	0,06 Hh/m				
22/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	161	0,06 Hh/m	82,84	1461,6	0,06 Hh/m				
23/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	206	0,04 Hh/m	91,84	1667,6	0,06 Hh/m	0,04			
25/nov	1,00	1,00	09:30	9,50	297	0,03 Hh/m	101,34	1964,6	0,05 Hh/m	0,03			
30/nov	1,00	1,00	04:20	4,33	141	0,03 Hh/m	105,67	2105,6	0,05 Hh/m	0,03			Chuva entre 10:40 e 12:20, intermitente a tarde.
01/dez	1,00	1,00	09:00	9,00	206	0,04 Hh/m	114,67	2311,6	0,05 Hh/m	0,04			
02/dez	1,00	1,00	03:00	3,00	69	0,04 Hh/m	117,67	2380,6	0,05 Hh/m	0,04			
03/dez	1,00	1,00	09:00	9,00	79	0,11 Hh/m	126,67	2459,6	0,05 Hh/m				Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.

Figura 50 - Produtividade da equipe de escavação das valas.



Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a RUP diária teve uma variação entre 0,01 e 0,60 Hh/m, obtendo uma produtividade acumulada de 0,05 Hh/m e uma produtividade potencial de 0,04 Hh/m. Esses últimos resultados apresentaram-se bem próximos, ainda que a produtividade potencial seja ligeiramente menor, o que leva à conclusão de que a produtividade acumulada é ideal para representar a mão de obra, enquanto as metas baseiam-se na produtividade potencial.

Percebe-se aqui novamente uma anormalidade que, mais uma vez, não possui justificativa. Portanto, realizou-se a retirada do ponto espúrio e a análise novamente conforme apresentado na Tabela 15 e na Figura 51.

Tabela 15 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de escavação das valas.

ETAPA:	Infraestrutura de Valas												
ATIVIDADE:	Escavação das Valas												
Data	Homens		Horas		Qs (m)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Operador de Máquina	Total											
13/out	1,00	1,00	03:00	3,00	42	0,07 Hh/m	3	42	0,07 Hh/m				
14/out	1,00	1,00	04:30	4,50	60	0,08 Hh/m	7,5	102	0,07 Hh/m			Atividades pela manhã apenas	
15/out	1,00	1,00	04:00	4,00	79	0,05 Hh/m	11,5	181	0,06 Hh/m				
19/out	1,00	1,00	04:30	4,50	101,2	0,04 Hh/m	16	282,2	0,06 Hh/m	0,04			2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde
20/out	1,00	1,00	03:30	3,50	70	0,05 Hh/m	19,5	352,2	0,06 Hh/m	0,05			Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas
27/out	1,00	1,00	05:00	5,00	98	0,05 Hh/m	24,5	450,2	0,05 Hh/m				
28/out	1,00	1,00	02:00	2,00	98	0,02 Hh/m	26,5	548,2	0,05 Hh/m	0,02			
29/out	1,00	1,00	08:40	8,67	96	0,09 Hh/m	35,17	644,2	0,05 Hh/m				
03/nov	1,00	1,00	01:00	1,00	24	0,04 Hh/m	36,17	668,2	0,05 Hh/m	0,04			
04/nov	1,00	1,00	01:00	1,00	95	0,01 Hh/m	37,17	763,2	0,05 Hh/m	0,01			
10/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	148,4	0,06 Hh/m	46,17	911,6	0,05 Hh/m				
12/nov	1,00	1,00	07:00	7,00	81	0,09 Hh/m	53,17	992,6	0,05 Hh/m				
16/nov	1,00	1,00	01:10	1,17	60	0,02 Hh/m	54,34	1052,6	0,05 Hh/m	0,02	0,04 Hh/m		
17/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	129	0,07 Hh/m	63,34	1181,6	0,05 Hh/m				
19/nov	1,00	1,00	07:30	7,50	114	0,07 Hh/m	70,84	1295,6	0,05 Hh/m				
22/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	161	0,06 Hh/m	79,84	1456,6	0,05 Hh/m				
23/nov	1,00	1,00	09:00	9,00	206	0,04 Hh/m	88,84	1662,6	0,05 Hh/m	0,04			
25/nov	1,00	1,00	09:30	9,50	297	0,03 Hh/m	98,34	1959,6	0,05 Hh/m	0,03			
30/nov	1,00	1,00	04:20	4,33	141	0,03 Hh/m	102,67	2100,6	0,05 Hh/m	0,03			Chuva entre 10:40 e 12:20, intermitente a tarde.
01/dez	1,00	1,00	09:00	9,00	206	0,04 Hh/m	111,67	2306,6	0,05 Hh/m	0,04			
02/dez	1,00	1,00	03:00	3,00	69	0,04 Hh/m	114,67	2375,6	0,05 Hh/m	0,04			
03/dez	1,00	1,00	09:00	9,00	79	0,11 Hh/m	123,67	2454,6	0,05 Hh/m				Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.

Nota-se assim a diferença obtida devido à adaptação realizada (remoção do ponto espúrio) atenuando as variações. Nesse caso, a RUP diária variou de 0,01 a 0,11 Hh/m, gerando uma RUP cumulativa de 0,05 Hh/m e uma RUP potencial de 0,04 Hh/m.

Existem ainda variações no gráfico, no entanto, em uma proporção menor. No dia 03 de dezembro se observa o pior indicador, sendo justificado pela chuva informada nos fatores influenciadores.

Nos dias 28 de outubro, 04 e 16 de novembro, a mão de obra teve seu melhor desempenho na atividade apresentando os melhores valores para o indicador de produtividade.

4.4.12. POSICIONAMENTO DAS CAIXAS DE PASSAGEM

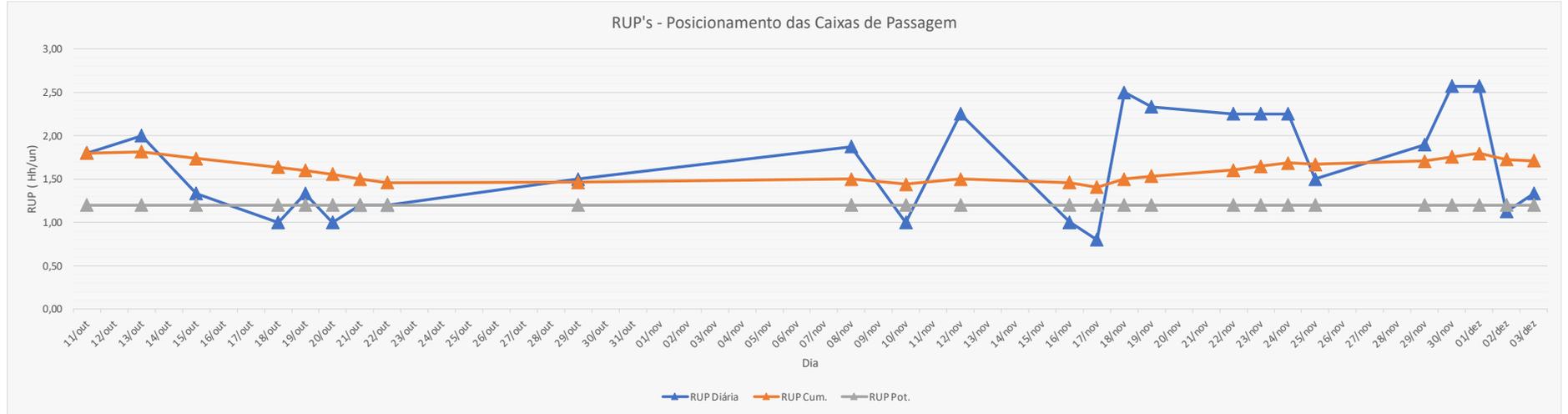
Para o posicionamento das caixas de passagem, segundo item 4.2.5, utilizou-se equipes de 2 (dois) à 5 (cinco) funcionários, sendo instaladores e auxiliares de instalação.

A Tabela 16 apresenta os dados diários levantados para a atividade de posicionamento das caixas de passagem, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 52 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico

Tabela 16 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de posicionamento das caixas de passagem.

ETAPA:	Infraestrutura de Valas														
ATIVIDADE:	Posicionamento das Caixas de Passagem														
Data	Homens			Horas		Qs (un)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total												
11/out	3,00	0,00	3,00	09:00	9,00	15	1,80 Hh/un	27	15	1,80 Hh/un		1,20 Hh/un	Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas		
13/out	1,00	1,00	2,00	01:00	1,00	1	2,00 Hh/un	29	16	1,81 Hh/un					
15/out	3,00	1,00	4,00	01:00	1,00	3	1,33 Hh/un	33	19	1,74 Hh/un	1,33				
18/out	2,00	1,00	3,00	01:00	1,00	3	1,00 Hh/un	36	22	1,64 Hh/un	1,00				Chuva a tarde
19/out	3,00	1,00	4,00	01:00	1,00	3	1,33 Hh/un	40	25	1,60 Hh/un	1,33				2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde
20/out	3,00	1,00	4,00	00:30	0,50	2	1,00 Hh/un	42	27	1,56 Hh/un	1,00			Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas e quebra de caixa	
21/out	2,00	1,00	3,00	02:00	2,00	5	1,20 Hh/un	48	32	1,50 Hh/un	1,20				
22/out	2,00	1,00	3,00	02:00	2,00	5	1,20 Hh/un	54	37	1,46 Hh/un	1,20			Caminhão betoneira atolou em vala aberta; Retrabalho na escavação das valas	
29/out	3,00	0,00	3,00	02:00	2,00	4	1,50 Hh/un	60	41	1,46 Hh/un	1,50				
08/nov	3,00	2,00	5,00	01:30	1,50	4	1,88 Hh/un	67,5	45	1,50 Hh/un					
10/nov	2,00	1,00	3,00	02:00	2,00	6	1,00 Hh/un	73,5	51	1,44 Hh/un	1,00				
12/nov	2,00	1,00	3,00	03:00	3,00	4	2,25 Hh/un	82,5	55	1,50 Hh/un					
16/nov	2,00	1,00	3,00	01:40	1,67	5	1,00 Hh/un	87,51	60	1,46 Hh/un	1,00				
17/nov	2,00	1,00	3,00	01:20	1,33	5	0,80 Hh/un	91,5	65	1,41 Hh/un	0,80				
18/nov	2,00	1,00	3,00	05:00	5,00	6	2,50 Hh/un	106,5	71	1,50 Hh/un					
19/nov	1,00	1,00	2,00	03:30	3,50	3	2,33 Hh/un	113,5	74	1,53 Hh/un					
22/nov	1,00	1,00	2,00	09:00	9,00	8	2,25 Hh/un	131,5	82	1,60 Hh/un					
23/nov	2,00	1,00	3,00	04:30	4,50	6	2,25 Hh/un	145	88	1,65 Hh/un					
24/nov	2,00	1,00	3,00	04:30	4,50	6	2,25 Hh/un	158,5	94	1,69 Hh/un					
25/nov	3,00	1,00	4,00	03:00	3,00	8	1,50 Hh/un	170,5	102	1,67 Hh/un	1,50				
29/nov	3,00	1,00	4,00	09:00	9,00	19	1,89 Hh/un	206,5	121	1,71 Hh/un					
30/nov	3,00	1,00	4,00	04:30	4,50	7	2,57 Hh/un	224,5	128	1,75 Hh/un					
01/dez	3,00	1,00	4,00	04:30	4,50	7	2,57 Hh/un	242,5	135	1,80 Hh/un					
02/dez	3,00	1,00	4,00	04:30	4,50	16	1,13 Hh/un	260,5	151	1,73 Hh/un	1,13				
03/dez	3,00	1,00	4,00	02:00	2,00	6	1,33 Hh/un	268,5	157	1,71 Hh/un	1,33			Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.	

Figura 52 - Produtividade da equipe de posicionamento das caixas de passagem.



A partir dos dados obtidos é possível verificar que os valores de RUP diária variaram de 0,80 a 2,57 Hh/un, gerando uma RUP cumulativa de 1,71 Hh/un e uma RUP potencial de 1,20 Hh/un. Como nas atividades anteriores, a produtividade acumulada é o melhor valor que representa a mão de obra que executou o serviço.

O gráfico gerado pelos dados obtidos apresenta grande variação, indicando uma atividade que teve muitas influências na produtividade. Os dias 18 e 30 de novembro e o dia 01 de dezembro apresentaram os maiores valores de RUP, ou seja, as piores produtividades da atividade.

No dia 20 de outubro ocorreu a quebra de uma das caixas de passagem durante o posicionamento. Ainda que isso tenha ocorrido percebe-se no gráfico que a produtividade não foi afetada, pois não apresenta grande variação.

4.4.13. REALIZAÇÃO DOS ATERRAMENTOS

Ainda segundo item 4.2.5, para a realização dos aterramentos utilizou-se equipes que variaram de 3 (três) à 4 (quatro) trabalhadores, incluindo instalador e auxiliar de instalação.

A Tabela 17 apresenta os dados diários levantados para a atividade de realização dos aterramentos, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 53 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 17 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de realização dos aterramentos.

ETAPA:	Infraestrutura de Valas												
ATIVIDADE:	Realização dos Aterramentos												
Data	Homens			Horas	Qs (m)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Total										
15/out	3,00	0,00	3,00	04:30	4,50	79	0,17 Hh/m	13,5	79	0,17 Hh/m	0,17		
19/out	3,00	0,00	3,00	04:30	4,50	101,2	0,13 Hh/m	27	180,2	0,15 Hh/m	0,13		2:35h de chuva distribuída ao longo da tarde
20/out	3,00	0,00	3,00	03:00	3,00	70	0,13 Hh/m	36	250,2	0,14 Hh/m	0,13		Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas
08/nov	3,00	1,00	4,00	01:30	1,50	103	0,06 Hh/m	42	353,2	0,12 Hh/m	0,06		
10/nov	3,00	0,00	3,00	09:00	9,00	162,4	0,17 Hh/m	69	515,6	0,13 Hh/m	0,17		
12/nov	2,00	1,00	3,00	09:00	9,00	129	0,21 Hh/m	96	644,6	0,15 Hh/m			
19/nov	2,00	2,00	4,00	07:30	7,50	84	0,36 Hh/m	126	728,6	0,17 Hh/m			
23/nov	2,00	1,00	3,00	09:00	9,00	90	0,30 Hh/m	153	818,6	0,19 Hh/m			
24/nov	3,00	1,00	4,00	09:00	9,00	162	0,22 Hh/m	189	980,6	0,19 Hh/m			
25/nov	3,00	1,00	4,00	03:00	3,00	198	0,06 Hh/m	201	1178,6	0,17 Hh/m	0,06		
29/nov	3,00	1,00	4,00	02:00	2,00	99	0,08 Hh/m	209	1277,6	0,16 Hh/m	0,08		
30/nov	3,00	1,00	4,00	02:00	2,00	97	0,08 Hh/m	217	1374,6	0,16 Hh/m	0,08		
01/dez	3,00	1,00	4,00	10:00	10,00	232	0,17 Hh/m	257	1606,6	0,16 Hh/m			
02/dez	3,00	1,00	4,00	09:00	9,00	200	0,18 Hh/m	293	1806,6	0,16 Hh/m			
03/dez	3,00	1,00	4,00	09:00	9,00	111	0,32 Hh/m	329	1917,6	0,17 Hh/m			Chuva de aproximadamente 1 hora no período da tarde.

Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a RUP diária teve uma variação entre 0,06 e 0,36 Hh/m, obtendo uma produtividade acumulada de 0,17 Hh/m e uma produtividade potencial de 0,11 Hh/m.

O gráfico gerado apresenta a falsa ilusão de que, no início da execução dos serviços, a atividade apresentava produtividade mais estável. Porém isso não é verdade, visto que a linearidade no gráfico só se destaca devido aos intervalos grandes entre os dias em que o serviço foi executado.

No dia 25 de novembro a produtividade teve seu destaque positivo, já no dia 19 de novembro o gráfico apresenta seu pico, indicando a pior produtividade da atividade.

4.4.14. REATERRO E COMPACTAÇÃO DAS VALAS

Por fim, ao realizar o reaterro e compactação das valas, conforme item 4.2.5, a equipe necessária variou de 1 (um) à 6 (seis) trabalhadores, sendo eles instaladores, auxiliares de instalação e operadores de máquina.

A Tabela 18 apresenta os dados diários levantados para a atividade de reaterro e compactação das valas, os fatores influenciadores observados e os resultados dos cálculos das RUP's. A Figura 54 ilustra os valores calculados de RUP diária, cumulativa e potencial em forma de gráfico.

Tabela 18 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores para equipe de reaterro e compactação das valas.

ETAPA:	Infraestrutura de Valas														
ATIVIDADE:	Reaterro e Compactação das Valas														
Data	Homens				Horas		Qs (m)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total											
11/out	3,00	0,00	1,00	4,00	02:30	2,50	76	0,13 Hh/m	10	76	0,13 Hh/m		0,03 Hh/m	Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas	
22/out	3,00	0,00	1,00	4,00	02:30	2,50	355	0,03 Hh/m	20	431	0,05 Hh/m	0,03		Caminhão betoneira atolou em vala aberta; Retrabalho na escavação das valas	
03/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	08:30	8,50	216	0,04 Hh/m	28,5	647	0,04 Hh/m	0,04			
04/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	08:30	8,50	328,6	0,03 Hh/m	37	975,6	0,04 Hh/m	0,03			
08/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	01:00	1,00	103	0,01 Hh/m	38	1078,6	0,04 Hh/m	0,01			
18/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	00:18	0,30	35	0,01 Hh/m	38,3	1113,6	0,03 Hh/m	0,01			
22/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	01:30	1,50	48	0,03 Hh/m	39,8	1161,6	0,03 Hh/m	0,03			
23/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	02:00	2,00	60	0,03 Hh/m	41,8	1221,6	0,03 Hh/m	0,03			
24/nov	3,00	1,00	0,00	4,00	09:00	9,00	86	0,42 Hh/m	77,8	1307,6	0,06 Hh/m				
26/nov	0,00	4,00	2,00	6,00	05:00	5,00	209	0,14 Hh/m	107,8	1516,6	0,07 Hh/m				
30/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	00:30	0,50	97	0,01 Hh/m	108,3	1613,6	0,07 Hh/m	0,01			
02/dez	0,00	0,00	1,00	1,00	04:30	4,50	414,4	0,01 Hh/m	112,8	2028	0,06 Hh/m	0,01			

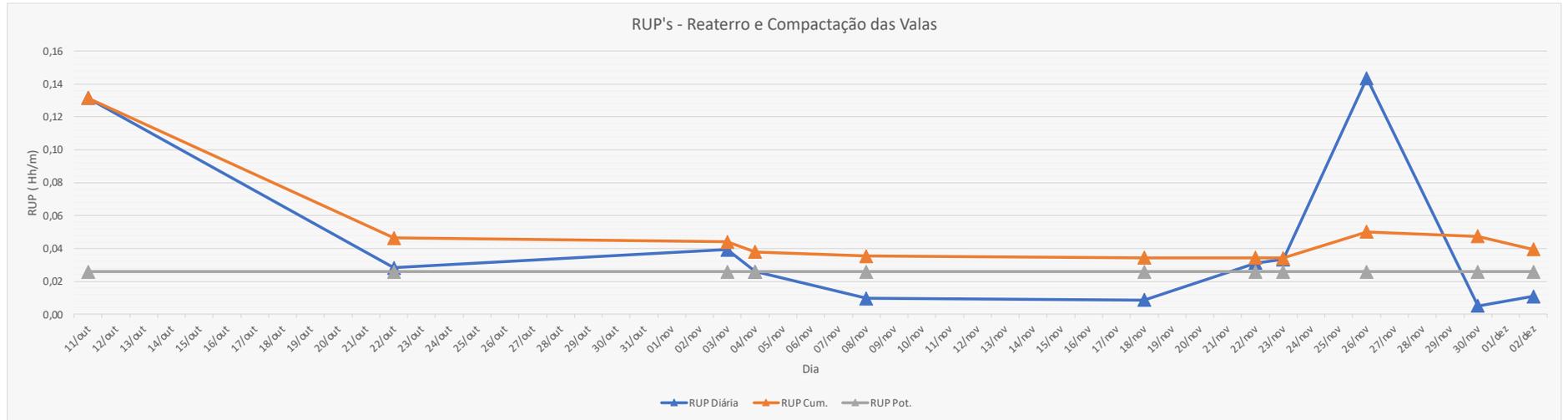
Para a última atividade de infraestrutura de valas, através da análise dos dados é possível extrair as RUP's diárias que variam entre 0,01 e 0,42 Hh/m, além da RUP cumulativa de 0,06 Hh/m e da RUP potencial de 0,03 Hh/m.

Mais uma vez observa-se a anormalidade no dia 24 de novembro com variação extrema. Não foi possível identificar a razão da anormalidade que gerou tamanha produtividade negativa. Ao descartar esse ponto espúrio obtém-se os resultados observados na Tabela 19 e na Figura 55.

Tabela 19 - Índices de produtividade diária, cumulativa e potencial e fatores influenciadores ajustados para equipe de reaterro e compactação

ETAPA:	Infraestrutura de Valas														
ATIVIDADE:	Reaterro e Compactação das Valas														
Data	Homens				Horas	Qs (m)	RUP Diária	Hh Cum.	Qs Cum.	RUP Cum.	RUP Diária < RUP Cum.	RUP Pot.	Observações	Condições Climáticas	
	Instalador	Auxiliar de Instalação	Operador de Máquina	Total											
11/out	3,00	0,00	1,00	4,00	02:30	2,50	76	0,13 Hh/m	10	76	0,13 Hh/m	0,03 Hh/m	Retrabalho na infraestrutura de valas em decorrência das chuvas		
22/out	3,00	0,00	1,00	4,00	02:30	2,50	355	0,03 Hh/m	20	431	0,05 Hh/m		0,03	Caminhão betoneira atolou em vala aberta; Retrabalho na escavação das valas	
03/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	08:30	8,50	216	0,04 Hh/m	28,5	647	0,04 Hh/m		0,04		
04/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	08:30	8,50	328,6	0,03 Hh/m	37	975,6	0,04 Hh/m		0,03		
08/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	01:00	1,00	103	0,01 Hh/m	38	1078,6	0,04 Hh/m		0,01		
18/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	00:18	0,30	35	0,01 Hh/m	38,3	1113,6	0,03 Hh/m		0,01		
22/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	01:30	1,50	48	0,03 Hh/m	39,8	1161,6	0,03 Hh/m		0,03		
23/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	02:00	2,00	60	0,03 Hh/m	41,8	1221,6	0,03 Hh/m		0,03		
26/nov	0,00	4,00	2,00	6,00	05:00	5,00	209	0,14 Hh/m	71,8	1430,6	0,05 Hh/m				
30/nov	0,00	0,00	1,00	1,00	00:30	0,50	97	0,01 Hh/m	72,3	1527,6	0,05 Hh/m		0,01		
02/dez	0,00	0,00	1,00	1,00	04:30	4,50	414,4	0,01 Hh/m	76,8	1942	0,04 Hh/m	0,01			

Figura 55 - Produtividade ajustada da equipe de reaterro e compactação das valas.



Nota-se assim a diferença obtida devido à adaptação realizada (remoção do ponto espúrio) atenuando as variações. Nesse caso, a RUP diária variou de 0,01 a 0,14 Hh/m, gerando uma RUP cumulativa de 0,04 Hh/m e uma RUP potencial de 0,03 Hh/m.

Já no primeiro dia de análise observa-se a influência das chuvas na atividade, ocasionando retrabalho. Dia 26 de novembro a produtividade teve seu pior índice, já os melhores valores foram observados em diversos dias ao longo da análise, apresentando, portanto, uma atividade com boa produtividade no geral.

4.5. RESUMO DAS PRODUTIVIDADES

Ao fim das análises é possível identificar e extrair os valores de RUP mais relevantes encontrados no decorrer do estudo. A Tabela 20 apresenta um resumo das produtividades para cada atividade analisada no item 4.4.

Tabela 20 - Resumo das produtividades levantadas.

RESUMO DAS PRODUTIVIDADES LEVANTADAS NA OBRA DE UFV				
Atividade	Pior RUP Diária	Melhor RUP Diária	RUP cumulativa	RUP Potencial
Perfuração das Estacas	0,21 Hh/un	0,04 Hh/un	0,10 Hh/un	0,06 Hh/un
Posicionamento e Alinhamento das Estacas (sem anormalidades)	2,00 Hh/un	0,21 Hh/un	0,63 Hh/un	0,33 Hh/un
Posicionamento e Alinhamento das Estacas (com anormalidades)	1,05 Hh/un	0,21 Hh/un	0,61 Hh/un	0,33 Hh/un
Concretagem das Estacas	1,22 Hh/m ³	0,32 Hh/m ³	0,61 Hh/m ³	0,40 Hh/m ³
Montagem e Alinhamento do <i>Pile Head</i> (sem anormalidades)	0,90 Hh/un	0,14 Hh/un	0,25 Hh/un	0,18 Hh/un
Montagem e Alinhamento do <i>Pile Head</i> (com anormalidades)	0,35 Hh/un	0,14 Hh/un	0,22 Hh/un	0,18 Hh/un
Torque do <i>Pile Head</i>	0,38 Hh/un	0,12 Hh/un	0,14 Hh/un	0,12 Hh/un
Montagem das Selas	1,26 Hh/un	0,07 Hh/un	0,18 Hh/un	0,12 Hh/un
Montagem e Fixação dos Eixos e Tirantes	3,00 Hh/fileira	0,38 Hh/fileira	0,84 Hh/fileira	0,63 Hh/fileira
Montagem dos Atuadores	1,00 Hh/un	0,56 Hh/un	0,65 Hh/un	0,56 Hh/un
Montagem das Terças	5,14 Hh/fileira	0,67 Hh/fileira	1,54 Hh/fileira	0,92 Hh/fileira
Fixação dos Módulos	0,08 Hh/un	0,06 Hh/un	0,07 Hh/un	0,06 Hh/un
Escavação das Valas (com anormalidades)	0,60 Hh/m	0,01 Hh/m	0,05 Hh/m	0,04 Hh/m
Escavação das Valas (sem anormalidades)	0,11 Hh/m	0,10 Hh/m	0,05 Hh/m	0,04 Hh/m
Posicionamento das Caixas de Passagem	2,57 Hh/un	0,80 Hh/un	1,71 Hh/un	1,20 Hh/un
Realização dos Aterramentos	0,36 Hh/m	0,06 Hh/m	0,17 Hh/m	0,11 Hh/m
Reaterro e Comapctação das Valas (com anormalidades)	0,42 Hh/m	0,01 Hh/m	0,06 Hh/m	0,03 Hh/m
Reaterro e Comapctação das Valas (sem anormalidades)	0,14 Hh/m	0,01 Hh/m	0,04 Hh/m	0,03 Hh/m

Os valores aqui identificados servem para utilização em obras futuras, extraíndo informações dos indicadores de produtividade, tais como: a equipe ideal para o serviço; o tempo estimado para o volume de serviço necessário; e os possíveis fatores que venham a influenciar a produtividade da equipe.

A RUP diária é importante para evidenciar os problemas diariamente e tomar ações corretivas antes que o serviço acabe. Já a RUP cumulativa serve para prognóstico de obras futuras, informando o valor médio da obra analisada, enquanto a RUP potencial apresenta o valor que deve servir como inspiração para a formação das equipes e o acompanhamento do desenvolvimento das etapas de execução.

Com essas informações possibilita-se a melhoria no tempo de execução e a diminuição dos custos gerais ao fim da obra, levando a empresa a se destacar no mercado de trabalho.

4.6. SUGESTÃO PARA MELHORIA DA PRODUTIVIDADE

Através da análise dos resultados obtidos em aspectos de produtividade, existem pontos em que se exige uma melhoria na execução para que se tenha uma produtividade mais alta. Buscando maior eficiência, os tópicos a seguir apresentam questões a serem aperfeiçoadas em obras que seguem:

Manual de elaboração de procedimentos e instruções de trabalho: em obras em que o conhecimento da equipe é tão vago, é interessante que se elabore um manual de elaboração de procedimentos para que os funcionários possam consultar caso ocorra o surgimento de dúvidas no decorrer da obra. As instruções de trabalho devem ser elaboradas em paralelo, para que, no início da obra, sejam apresentadas à toda equipe de execução. Um compilado de erros comuns a serem cometidos pode ser anexado a esse documento, visando evitar que esses se repitam em futuros projetos.

Treinamento da mão de obra: para que a execução ocorra de maneira objetiva é necessário treinamento dos funcionários que executaram os serviços. Em obras de grande porte com mão de obra tão específica, quanto maior o treinamento da equipe menores os índices de erros na execução e, conseqüentemente, melhor a produtividade dos serviços.

Planejamento operacional: considerando a obra analisada, percebe-se que a instabilidade na execução dos serviços causou maior tempo de execução para eles. Em uma obra onde existem diversos ramos de atividades, é adequado identificar dentre os funcionários disponíveis qual melhor se adequa a cada etapa da execução da obra. Da mesma forma, estabelecer para cada trabalhador uma função específica torna as atividades mais ágeis, assim como minimiza as chances de erro na execução. Ainda em relação ao planejamento, estabelecer prazos para a execução e finalização de cada etapa se faz extremamente necessário para que as etapas não se alonguem e prejudiquem ao fim o prazo final da obra.

Controle de almoxarifado: visto que a obra teve influências relacionadas à defeitos em equipamentos recebidos no almoxarifado e defeitos de equipamentos utilizados ao longo da obra, é necessário criar um controle relacionado a essas falhas.

Ao longo da entrega dos produtos é importante sempre verificar a integridade de todo o material entregue. Da mesma forma, é fundamental fazer manutenção periódica dos equipamentos utilizados para a execução da obra, tais como torquímetro e parafusadeira, por exemplo, que apresentaram defeitos da obra em análise.

Controle diário da produtividade: realizando o tratamento dos dados e as análises diariamente e compilando os dados com frequência, é possível a realização de *feedback* na obra enquanto os serviços ainda estão em realização, possibilitando assim a melhoria da produtividade antes mesmo que os serviços finalizem.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo analisar a produtividade da mão de obra na execução de uma usina solar fotovoltaica. No decorrer do desenvolvimento da pesquisa o objetivo foi atingido, visto que foram gerados indicadores de produtividade para as atividades analisadas.

Com relação aos objetivos específicos tem-se que:

- a) O entendimento e compreensão das atividades e suas execuções foi cumprido no item 4.2 onde se caracterizam os serviços para execução de uma UFV de solo, através de registro fotográfico realizado no decorrer da obra e descrição das etapas e atividades;
- b) A busca bibliográfica foi apresentada no Capítulo 2 onde se inseriu todo o conhecimento base necessário ao entendimento do tema, baseando-se em dissertações, artigos e monografias relacionadas a obras de UFV's de solo e à produtividade da mão de obra em geral.
- c) O levantamento de dados foi cumprido visto que foram gerados RDO's para todos os 60 dias de execução de serviços, no período delimitado pela pesquisa, conforme foi exposto nos itens 3.1.3 e 3.1.4 (metodologia de coleta) e segundo apresentaram-se as informações coletadas no item 4.4 com o auxílio das tabelas de cálculo. O método de levantamento, bem como as planilhas de cálculo poderão ser utilizadas em novos estudos.
- d) Os fatores influenciadores foram analisados diariamente e inseridos no tratamento dos dados conforme foi apresentado nas tabelas constantes no Capítulo 4.
- e) Os indicadores de produtividade foram gerados no Capítulo 4 e analisados conforme proposto.

A definição do estudo realizado baseou-se na necessidade de dados relativos à mão de obra na execução de UFV's, visto que a literatura atual não apresenta dados que mencionem especificamente o assunto. Foi um desafio abordar um tema tão abrangente e desconhecido e de tamanha importância dada a disseminação da geração fotovoltaica nos dias de hoje no Brasil.

A geração dos indicadores se deu através de três tipos de indicadores: RUP diária, RUP cumulativa e RUP potencial. No geral a RUP cumulativa apresenta os resultados mais representativos já que atenuam distorções nas RUP's diárias. Já a RUP potencial apresenta-se como inspiração às obras futuras.

A geração dos indicadores de produtividade aponta que existem diversos fatores que podem influenciar na execução das atividades, sendo fundamental o estudo específico de cada caso para atenuar essa influência em campo. Nesse caso, os fatores relacionados ao contexto de trabalho e de anormalidades ganham destaque.

A formação e treinamento da equipe mostra-se o principal fator a se observar, já que uma mão de obra especializada e treinada executa de forma mais rápida e efetiva os serviços abordados. Além disso, uma equipe definida executa as atividades com mais foco e precisão, sem desvios de atenção e conseqüentemente com o tempo improdutivo mínimo.

Concluiu-se também no decorrer do estudo que, a etapa de levantamento de dados em campo é uma das mais importantes para o trabalho. Neste em questão, o levantamento não foi realizado pela autora, que ainda que estivesse semanalmente acompanhando os levantamentos, em certos momentos perdia o controle das coletas, o que causou dados insuficientes em certos momentos.

No geral os resultados foram satisfatórios e devem ser empregados nas obras futuras da empresa analisada. A partir dos indicadores de produtividade coletados é possível aprimorar os planejamentos, não apenas de mão de obra e execução, como também o financeiro. Esses dados contribuem para a evolução da empresa e fazem com que ganhe destaque no mercado de trabalho, que hoje se faz muito importante visto o constante crescimento do ramo das UFV's no Brasil nos últimos anos.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pelos resultados e conclusões obtidos através desse estudo, sugere-se que em trabalhos futuros estude-se:

- Análise de produtividade das atividades que não foram inseridas no estudo em questão, a fim de obtenção de um panorama geral de obras de UFV's de solo;
- Análise de fatores influenciadores em obras de construção de UFV's de solo e a influência desses na produtividade geral da equipe;

- Análise do treinamento e instruções necessárias a uma equipe ideal para obras de UFV's de solo para se atingir uma ótima produtividade;
- Estudo comparativo dos processos construtivos de UFV em solo com estrutura tipo *tracker versus* estrutura fixa: vantagens e desvantagens.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. **Manual do produto:** Inversores solares ABB. 1 ed. 2017. 184 p. Disponível em: https://loja.l8energy.com/wp-content/uploads/2018/06/Manual-UNO-DM-1.2_2.0_3.3_4.0_4.6_5.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid***. João Monlevade, 2019. 75 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Ouro Preto.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BARBOSA, Inês Martins. **Método de análise dos fatores influenciadores da produtividade individual em Portugal**. Lisboa, 2021. 34 p Dissertação (Mestrado em Gestão de Informação) - Universidade Nova de Lisboa.

BRONSTRUP, Maísa. **Estudo sobre consumo de materiais e produtividade de mão de obra em revestimentos argamassados na cidade de Panambi/RS**. Ijuí, 2014. 94 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

BURSZTYN, Marcel. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas**. 2020 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília.

CONVERT ITALIA S.P.A. **Installation manual: horizontal single axis tracker**. Itália, 2021. 73 p.

DANTAS, José Diego Formiga. **Produtividade da mão de obra - Estudo de caso: métodos e tempos na indústria da construção civil no subsetor de edificações na cidade de João Pessoa- PB**. João Pessoa, 2011. 56 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Paraíba.

DUARTE, Thiago de Souza. **Estudo de viabilidade de uma usina solar de 5 MW com tracker**. Fortaleza, 2021. 60 p Monografia (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará.

ECCEL, João Vítor. **Alternativas para escavação e lançamento de cabos subterrâneos em usinas fotovoltaicas**. Florianópolis, 2018. 103 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

GANASSINI, Renan Lucas. **O gerenciamento de projetos sob a ótica da dinâmica de sistemas: o caso de uma usina solar fotovoltaica**. Florianópolis, 2019 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina.

GIONGO, Carmem Regina; MENDES, Jussara Maria Rosa; SANTOS, Fabiane Konowaluk. **Desenvolvimento, saúde e meio ambiente: contradições na construção de hidrelétricas**. 2015 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília.

GREENER. **Estudo estratégico da geração distribuída: mercado fotovoltaico**. 2022.

GUARNIERI, Mauricio Vivan. **Usinas solares fotovoltaicas com seguimento em um eixo no Brasil: aspectos da construção, custos e expectativa de desempenho**. Florianópolis, 2017. 184 p Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

IMHOFF, Johninson. **Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos**. Santa Maria, 2007. 145 p Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria.

LUCAS, André Vieira; MUHLENHOFF, Andrius Thiago; ROCHA, Hélio Píram do Couto. **Análise da gestão organizacional de construtoras atuantes na região de Curitiba por meio de indicadores de produtividade e critérios de excelência em**

gestão. Curitiba, 2014. 114 p Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Gestão de Informação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARDER, Tiago Stum. **A produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí**. Ijuí, 2001. 71 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

MATAVELLI, Augusto Cesar. **Energia Solar: Geração de Energia Elétrica Utilizando Células Fotovoltaicas**. Lorena, 2013. 34 p Monografia (Engenharia química) - Universidade de São Paulo.

MESSA, Alexandre. Capítulo 3: **Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra**. *In: Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*. cap. 3, p. 87-109.

OLSEN, Natasha. **Telha solar com tecnologia de filme fino chega ao Brasil**. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/telha-solar-com-tecnologia-de-filme-fino-chega-ao-brasil/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Portal Solar. **Conheça a usina solar flutuante do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/conheca-a-usina-solar-flutuante-do-brasil?q=/blog-solar/energia-solar/conheca-a-usina-solar-flutuante-do-brasil.html&>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Portal Solar. **Tipos de painel solar fotovoltaico**. Portal Solar. 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 10 jan. 2022.

REICHERT, Ana Júlia Schneider. **Projeto de uma usina fotovoltaica na cidade de lages em santa catarina**. Ponta Grossa, 2019. 78 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

REZENDE, Vinícius Gouveia Scartezini de; ZILLES, Roberto. **Análise das perdas de produtividade em geradores fotovoltaicos por efeito de sujidade**. Gramado, 2018. 9 p. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar.

RODRIGUES, Luiza Faggion. **Análise do planejamento de atividades complexas na construção de usinas fotovoltaicas**. Florianópolis, 2021. 115 p Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Método alternativo de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais**: Um estudo de caso. Porto Alegre, 1995. 170 p Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, Thamires. **Clima da região sudeste**: Principais aspectos. Educa Mais Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/clima-da-regiao-sudeste>. Acesso em: 2 dez. 2021.

Sigma Transformadores. **Manual de instruções**: transformador trifásico de distribuição de até 300 kva. 1 ed. Lagoa Vermelha, 2016. 15 p. Disponível em: <http://sigmatransformadores.com.br/wp-content/uploads/2018/07/Manual-TR-TRIFASICO-DE-DISTRIBUICAO-DE-15-A-300.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra**: manual de gestão da produtividade na construção civil. 1 ed. São Paulo: PINI LTDA, 2006. 122 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. São Paulo. 8 p Monografia (Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. 1 ed. Brasília, v. 1, 2017. 87 p.

TERRIN, Kátia A. Pastori; BLANCHET, Luiz Alberto. **Direito de energia e sustentabilidade**: uma análise dos impactos negativos das usinas hidrelétricas no Brasil. Dourados, 2019. 17 p - Universidade Federal da Grande Dourados.