



Desenvolvimento de ferramentas de gestão para execução de fundações em estacas raiz utilizando princípios do Lean Seis Sigma

Mariana Campos Castro e Silva
Mestranda em Geotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil,
marianacampos@alu.ufc.br

Felipe Soares Almeida
Engenheiro civil, Hepta Engenharia, Fortaleza, Brasil, felipe_almeida@hotmail.com

Alfran Sampaio Moura
Professor adjunto, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, alfransampaio@ufc.br

Mariana Vella Silveira
Professora adjunta, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, mvsilveira@deha.ufc.br

Antônio José Nóbrega Junior
Engenheiro Civil, GEOBRASIL, Fortaleza, Brasil, nobregajunior@terra.com.br

RESUMO: As metodologias ágeis são ferramentas que possibilitam controlar processos de gestão através de etapas bem definidas que facilitem a compreensão e o enfrentamento aos problemas de uma empresa. Com a crescente competitividade de mercado, cada vez mais empresas buscam aderir a essa estrutura lógica para aprimorar seus processos e entregar melhores resultados aos clientes. Desse modo, o artigo apresenta o emprego dos princípios do Lean Six Sigma na execução de fundações em estacas raiz, mapeando seus processos por meio do uso da metodologia DMAIC a partir de um estudo de caso. As etapas adotadas para o desenvolvimento da pesquisa e sugeridas para trabalhos futuros análogos ao abordado foram a definição do problema, medição das causas e efeitos dos problemas identificados, melhorias a serem propostas e controle das ações a serem tomadas. A pesquisa foi realizada em campo, através de visitas técnicas ao local de obra e contato direto com gestores e técnicos da empresa que atua na execução de fundações. Os resultados obtidos possibilitaram um melhor entendimento dos problemas pelos gestores, além de fornecer um novo conhecimento sobre as subdivisões dos processos executivos, facilitando a identificação de problemas e norteando a busca de soluções.

PALAVRAS-CHAVE: Ferramentas de gestão, execução de fundações, estacas raiz, Lean Seis Sigma.

ABSTRACT: Agile methodologies are tools that make it possible to control management processes through well-defined steps that facilitate understanding and coping with a company's problems. With the growing competitiveness of the market, more and more companies seek to adhere to this logical structure to improve their processes and deliver better results to customers.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Thus, the article presents the use of Lean Six Sigma principles in the execution of foundations in root piles, mapping its processes through the use of the DMAIC methodology from a case study. The steps adopted for the development of the research and suggested for future works similar to the one discussed were the definition of the problem, measurement of the causes and effects of the identified problems, improvements to be proposed and control of the actions to be taken. The research was carried out in the field, through technical visits to the construction site and direct contact with managers and technicians of the company that operates in the execution of foundations. The results obtained enabled a better understanding of the problems by the managers, in addition to providing new knowledge about the subdivisions of the executive processes, facilitating the identification of problems and guiding the search for solutions.

KEYWORDS: Management tools, execution of foundations, root cuttings, Lean Six Sigma.

1 Introdução

O Lean Seis Sigma ou *Lean Six Sigma*, do inglês, é a junção das metodologias Seis Sigma e *Lean Manufacturing*, e surgiu por volta da década de 1980 pela *General Electric*, um conglomerado internacional que atuava na área de energia, quando o seu CEO Jack Welch divulgou os resultados expressivos após implantação da metodologia, exemplificando os ganhos de 1,5 bilhão de dólares no ano de 1999 (COUTINHO, 2020).

A metodologia Seis Sigma tem como objetivo elevar a performance e a lucratividade por meio de melhorias na qualidade dos produtos e dos processos, reduzindo a variabilidade e os custos, com foco na satisfação dos clientes (WERKEMA, 2006). Além disso, a aplicação do Seis Sigma está relacionada com métricas, ou seja, indicadores e análise de dados (COUTINHO, 2020).

O *Lean Manufacturing*, por sua vez, relaciona-se com a análise e redução de desperdícios na linha de produção, visando a eliminação de processos e atividades que não agregam valor para o cliente. Com o aumento da eficiência produtiva que é buscado pela metodologia, a aplicação prática do *Lean Manufacturing* consegue atingir uma redução expressiva do tempo entre a solicitação do cliente e a entrega do produto, além de também ter como objetivo a melhoria contínua (COUTINHO, 2020). A Figura 1 exibe a diferença entre as duas metodologias.

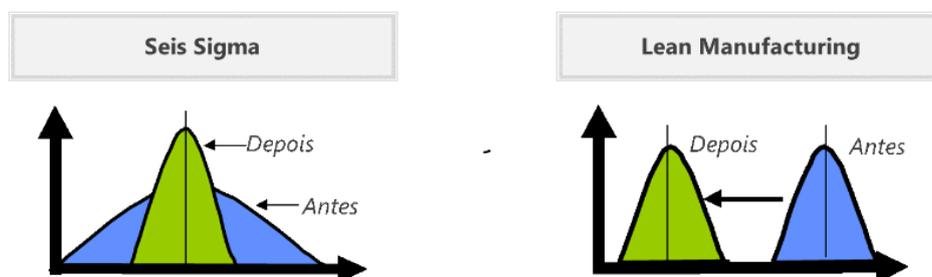


Figura 1 - Diferença entre Seis Sigma e Lean Manufacturing. Fonte: Coutinho, 2020.

Dessa forma, o Lean Seis Sigma busca ao mesmo tempo reduzir a variabilidade dos processos e aumentar a eficiência produtiva das empresas através da aplicação de ferramentas de

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



gestão que integram diversos segmentos da cadeia produtiva de um produto e/ou do serviço oferecido. E para que essa metodologia seja posta em prática é necessário o conhecimento da metodologia e suas ferramentas, que no Lean Seis Sigma é representado pelos *belts* (COUTINHO, 2020).

Cada *belt* representa um nível de conhecimento e aplicação da metodologia, indo de *White* até o *Master Black Belt*. Os profissionais com certificação em *White* e *Yellow Belts*, seriam de nível operacional, que prestam suporte àqueles de nível superior, seguindo então para os *Green* e *Black Belts*, que atuam a nível de supervisão e possuem maior domínio da metodologia e de suas ferramentas, tendo relativa experiência no desenvolvimento de projetos anteriores. O *Master Black Belt* é o maior responsável pela implementação da metodologia, possuindo o maior domínio do *Lean Seis Sigma* e sendo capaz de direcionar as principais estratégias a serem seguidas quando do desenvolvimento de projetos dessa natureza.

Então, sob liderança de especialistas *Green Belts* ou *Black Belts*, os projetos são colocados em prática seguindo o método DMAIC, cuja sigla em inglês representa as etapas seguidas no método: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*.

O trabalho de Yamamoto e Serra (2021) objetivou propor uma avaliação da aplicabilidade do Lean Seis Sigma em empresas da área de construção civil através de um questionário estruturado e os resultados demonstraram que há possibilidade de aplicação da metodologia para desenvolvimento de processos e produtos na área.

Segundo a ABNT NBR 6122 de 2019, que trata do projeto e execução de fundações, a estaca raiz consiste em uma estaca armada e preenchida com argamassa de cimento e areia, sendo moldada in loco, e executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva (VELLOSO e LOPES, 2011).

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver ferramentas de gestão para execução de fundações em estaca raiz utilizando os princípios e as ferramentas do *Lean Seis Sigma* a nível *Green Belt*. O estudo foi desenvolvido durante a execução das fundações na obra de um edifício residencial de 51 pavimentos (165 m de altura) na cidade de Fortaleza.

2 Metodologia

O estudo foi aplicado tendo como base o método DMAIC. Na fase *Define*, ou Definição, por meio da ferramenta Voz do Cliente (*Voice of Client - VOC*) foi possível identificar os problemas enfrentados dos pontos de vista interno e externo à empresa responsável pela execução das fundações. A coleta das informações foi realizada em campo com base nos 8 desperdícios definidos pelo *Lean*, sendo eles: defeitos e retrabalho; excesso de produção; processamento impróprio; movimentos desnecessários; transportes desnecessários; estoque; desperdício intelectual; e espera. Dessa forma, pode-se otimizar a coleta de informações. E além da folha para preenchimento, foram preparadas 3 listas de perguntas, personalizadas de acordo com a posição dos possíveis entrevistados no processo de execução das fundações, ou seja, gerência, supervisão e execução.

Os problemas identificados foram categorizados e seguiu-se para a definição de indicadores a partir da literatura disponível acerca do Lean Seis Sigma e das informações fornecidas pelos membros da empresa. No fim dessa fase, a meta do projeto poderia então ser definida.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Na fase *Measure*, ou Medição, determinou-se quais as causas do problema, através da elaboração de um mapa do processo de execução de estacas raiz e da utilização da Matriz de Causa e Efeito para priorização desses problemas conforme orientações de Kaíza (2022). O mapa foi elaborado através de pesquisa na bibliografia existente e da visita realizada em campo, sendo apresentado à equipe técnica da empresa para validação.

Em *Improve*, ou Melhoria foram propostas melhorias, avaliações e implementação de soluções. No estudo realizado, elaborou-se um Plano de Ação com os problemas categorizados e orientações de como as ações poderiam ser postas em prática a fim de solucionar as problemáticas identificadas. Esse Plano também designava o setor da empresa que seria responsável por cada tarefa e continha também espaços para o controle do início e do término da ação para ter controle da implantação das ações e, por exemplo, reprogramar o término da atividade em caso de imprevistos. Por fim, as últimas entradas do Plano baseavam-se no status da ação e observações que poderiam ser inseridas pelo responsável durante o acompanhamento.

Na fase *Control*, ou Controle, objetivou-se garantir que o alcance da meta fosse mantido a longo prazo. Dessa forma, elaborou-se uma planilha de gestão cuja primeira aba destina-se para registro de medição da duração das fases do ciclo de execução das estacas raiz. A aba seguinte destinava-se para análise dos indicadores propostos e seguiu-se então para a última aba, que se trata de uma lista de treinamentos propostos.

Ressalta-se que a fase *Analyse*, ou Análise, não foi abordada no estudo, visto que ela é destinada a apenas um problema, considerado prioritário, o que não foi aplicado neste projeto, onde foram abordados diversos problemas e suas respectivas sugestões de solução e controle. A Figura 3 exibe um esquema da metodologia adotada neste estudo.

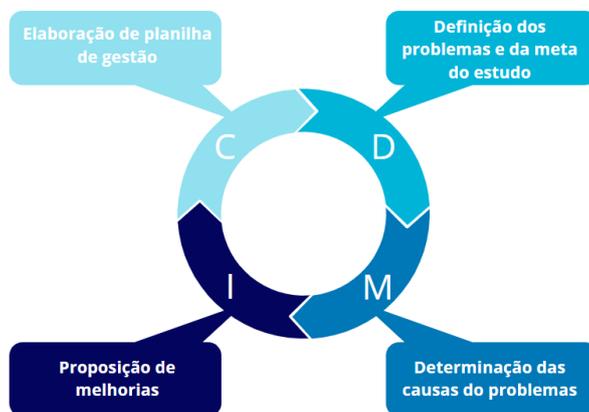


Figura 3 - Metodologia do estudo. Fonte: os autores, 2022.

3 Resultados

3.1 Definição

Iniciou-se a aplicação da Metodologia DMAIC com uma estratégia chamada “Voz do Cliente”, sendo identificados os clientes externos e internos do estudo que estava sendo realizado: o cliente externo seria a empresa responsável pela construção do prédio e o cliente interno seria a

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





empresa de execução das fundações do referido prédio. Em seguida foram realizadas visitas à obra para coleta das informações tendo como base os 8 desperdícios do *Lean*.

Os problemas identificados através das visitas foram categorizados entre 4 grupos: logística, produtividade, qualidade e manutenção, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Categorização dos problemas identificados na ida a campo. Fonte: os autores, 2022.

| Categoria | Problemas identificados | Descrição |
|------------------|--|---|
| LOGÍSTICA | Falhas na limpeza do canteiro | A carreta que coleta o material gerado na execução muitas vezes não pode retirá-lo devido ainda estar molhado, dessa forma ocorre acúmulo de resíduos no canteiro; |
| | Perda de equipamento | Perda de um trado devido à resistência do terreno (apesar de já estar bastante usado, estava operacional); A máquina reserva encontrava-se danificada, com problemas de bomba hidráulica |
| PRODUTIVIDADE | Ausência de medição | Não existem atividades de monitoramento do tempo decorrido em cada fase do processo de execução das fundações, apenas do tempo global; |
| | Meta global | Existe uma dificuldade em alcançar a meta estabelecida para execução de estacas por dia |
| | Metas secundárias | São inexistentes as metas secundárias na empresa, como por exemplo metas de cumprimento de tempo de execução das fases do processo; |
| | Consumo maior que o previsto | O consumo de sapatas está maior que o previsto devido a se basear na sondagem que acabou não refletindo a realidade do terreno; |
| | Ausências de funcionários | Ausência frequente de colaboradores. No dia da visita, o zelador estava fazendo trabalho de carregador de cimento. |
| QUALIDADE | Treinamentos são escassos | Inicialmente os treinamentos eram mensais. Porém agora ocorrem com periodicidade maior; |
| | Baixa adesão ao POP | Os procedimentos operacionais existem, porém raramente são cumpridos; |
| | Ausência de fiscalização do cumprimento do Procedimento Operacional Padrão | Os procedimentos operacionais não estão sendo fiscalizados. Havia funcionário designado a este serviço, mas este não se encontra mais na empresa. |
| MANUTENÇÃO | Uso inadequado de material | São utilizadas bombas para água na coleta da lama gerada na escavação, ocasionando a necessidade de troca constante desse equipamento; |
| | Problemas frequentes com maquinário | Pela dificuldade do terreno, a máquina trabalha de forma mais forçada e acaba apresentando problemas frequentes, atrasando o andamento do serviço. |

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



A fase de Definição consistiu também na apresentação de indicadores, que são relações utilizadas para medir o desempenho de um processo. Foram propostos indicadores relacionados com o tempo (Tabela 2) e com a produção (Tabela 3).

Tabela 2. Indicadores relacionados com o tempo. Fonte: os autores, 2022.

| Indicador | Definição |
|----------------|---|
| Lead Time | Tempo necessário para o produto ou serviço percorrer todas as etapas do processo, do início até o fim |
| Tempo de Ciclo | Tempo com que o produto ou serviço é finalizado em uma etapa do processo |
| Takt Time | Razão entre o tempo disponível para a produção, e o tempo demandado pelo cliente |

Tabela 3. Indicadores relacionados com a produção. Fonte: os autores, 2022.

| Indicador | Definição |
|------------------|--|
| Treinamentos/mês | Número de reuniões realizadas com intuito de desenvolver habilidades nos colaboradores através de instrução ou orientação. |
| Estacas/dia | Número de estacas concluídas durante um dia. |
| Manutenções/mês | Número de manutenções por mês, divididas entre "emergenciais" e "de rotina". |

Finalizando a etapa de Definição, é determinada a meta do projeto. De acordo com as diretrizes do Lean Seis Sigma, a meta do projeto deve ser definida com um objetivo claro, um valor específico que se deseja atingir para o problema principal e um prazo para atingi-la. Dessa forma, a meta do projeto desenvolvido consistiu em elevar a média de estacas raiz executadas por dia pela empresa para 6 em um prazo de 6 meses.

3.2 Medição

Nesta fase produziu-se primeiramente um escopo das etapas do processo de execução das estacas raiz. Esse escopo é explicitado na Figura 4.

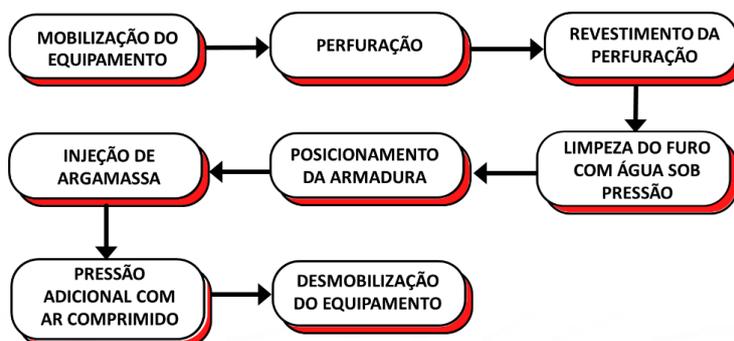


Figura 4 - Processo executivo da estaca raiz adotado. Fonte: os autores, 2022.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





Em seguida, utilizou-se a Matriz Causa e Efeito para definir quais causas que possuíam impacto maior nos indicadores considerados mais importantes para o monitoramento e alcance da meta do projeto. Essa definição foi feita através da atribuição de pesos, quanto maior o peso, maior a correlação existente entre a causa e o indicador (KAÍZA, 2022). Esses pesos foram então multiplicados por fatores de importância de cada indicador. Para o indicador “estacas/dia”, o fator é 10; para o “Lead Time” é 9 e para o “Tempo de Ciclo” é 8. Quanto maior o total, maior a correlação existente entre a causa e o indicador (KAÍZA, 2022). A Tabela 4 exhibe a legenda com os pesos atribuídos ao grau de correlação existente entre as causas e os indicadores, enquanto a Tabela 5 exhibe a matriz de causa e efeito, enquanto.

Tabela 4 - Pesos utilizados. Fonte: os autores, 2022.

| Peso | Grau de correlação |
|------|------------------------|
| 0 | correlação inexistente |
| 1 | correlação fraca |
| 3 | correlação mediana |
| 5 | correlação forte |

Tabela 5 - Matriz de causa e efeito. Fonte: os autores, 2022.

| Possíveis causas do processo | Estacas/dia | Lead Time | Tempo de ciclo | Total |
|--|-------------|-----------|----------------|-------|
| | 10 | 9 | 8 | |
| Treinamentos são escassos | 1 | 3 | 3 | 61 |
| Ausência de medição | 3 | 3 | 5 | 97 |
| Ausência de fiscalização do cumprimento do Procedimento Operacional Padrão | 1 | 1 | 1 | 27 |
| Baixa adesão ao Procedimento Operacional Padrão | 1 | 1 | 1 | 27 |
| Falhas na limpeza do canteiro | 3 | 3 | 1 | 65 |
| Uso inadequado de material | 3 | 3 | 3 | 81 |
| Problemas frequentes com maquinário | 5 | 3 | 3 | 101 |
| Perda de equipamento | 1 | 1 | 1 | 27 |
| Ausências de funcionários | 3 | 3 | 5 | 97 |
| Metas secundárias | 3 | 3 | 5 | 97 |

Ao final, obtém-se um ranking de quais causas devem ser prioridade, estando em primeiro lugar “problemas frequentes com maquinário”.

3.3 Melhoria

Para a etapa de Melhoria, as problemáticas foram estudadas a fim de implementar ações para mitigar e até resolver os problemas levantados, montando, assim, um plano de ação (Figura

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



5) que foca em como executar estas ações no dia a dia. As ações foram definidas com base nas informações coletadas durante o desenvolvimento do projeto, como também de pesquisas bibliográficas e na própria experiência dos autores.

| PLANO DE AÇÃO | | | | |
|---------------|-------------------------------------|---|--|-----------------------------|
| Categoria | Problemática | Ações | Como | Responsável |
| LOGÍSTICA | Falhas na limpeza do canteiro | Adequar a coleta à produção de resíduos | Programar coleta de resíduos do dia para a manhã do dia seguinte. | Geral |
| PRODUTIVIDADE | Ausência de medição | Iniciar a medição das fases do processo de execução das estacas | Alimentação de um banco de dados, onde em campo seriam coletados os horários de início e término de cada fase. Posteriormente os dados seriam transferidos para o Excel, que calcularia automaticamente o tempo decorrido. | Operacional |
| | Metas secundárias | Implementar metas secundárias | Através de benchmarking - estudo de metas secundárias já adotadas por outras empresas do mesmo ramo - e análise do histórico de tempo gasto em atividades. | Operacional |
| | Ausências de funcionários | Criar cultura de justificção formal de faltas | Exigir atestado em caso de doença e justificção escrita, além de adoção da perda do descanso semanal remunerado em causa de falta não justificada e conversa particular em caso de faltas recorrentes. | RH |
| QUALIDADE | Treinamentos são escassos | Montar rotina de treinamento da equipe | Estabelecer treinamentos mensais que seriam divididos em treinamentos gerais e específicos para cada equipe. | RH e Administração |
| MANUTENÇÃO | Problemas frequentes com maquinário | Adoção de controle de manutenção de equipamentos | Uso de planilhas com ocorrência de manutenção, data de manutenção de equipamentos e peças trocadas. | Administração e Operacional |

Figura 5: Plano de Ação. Fonte: os autores, 2022.

3.4 Controle

Na fase de Controle foi elaborada uma planilha de medição, que tem como função a medição da duração das fases do ciclo de execução de estaca raiz. A planilha apresenta configuração prévia de uma folha que pode ser impressa e preenchida em campo (Figura 6) quanto a análise dos dados obtidos em campo.

Pretende-se que os dados preenchidos em campo sejam inseridos na planilha de análise e produzam-se gráficos para análises. Além disso, possui espaço para preenchimento de metas e comparação do que está sendo feito e sua diferença para a meta. Nesta fase desenvolveu-se também uma planilha para análise específica dos indicadores propostos (Figura 8), trazendo modelos de gráficos para análise visual e apresentação em reuniões de equipe.

| TEMPO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES | | | |
|---------------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| Obra: | | Data: | |
| Medição realizada por: | | | |
| Estaca 1 | Hora de Início | Hora de Término | Observações |
| Pefuração da Estaca | 13:00:00 | 14:00:00 | |
| Montagem da Armação no Furo | 14:00:00 | 14:16:00 | |
| Limpeza do Furo | 14:16:00 | 14:27:00 | |
| Injeção da Argamassa | 14:27:00 | 14:47:00 | |
| Pressão com Ar Comprimido | 14:47:00 | 15:00:00 | |
| Desmobilização do equipamento | 15:00:00 | 15:25:00 | |

Figura 6: Planilha de medição. Fonte: os autores, 2022.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



| INDICADORES | | | Ciclos - estaca raiz | |
|------------------|---|----------|-------------------------------|-------------|
| Indicador | Descrição | Valor | | Tempo médio |
| Lead Time | Tempo necessário para o produto ou serviço percorrer todas as etapas do processo ou fluxo de valor, do início até o fim | 03:00:00 | Pefuração da Estaca | 0:12:00 |
| Tempo de ciclo | Tempo com que o produto ou serviço é finalizado em uma etapa do processo ou em um processo do fluxo de valor | 0:29:00 | Montagem da Armação no Furo | 0:03:12 |
| Takt Time | Razão entre o tempo disponível para a produção, e o tempo demandado pelo cliente | | Limpeza do Furo | 0:02:12 |
| Treinamentos/mês | Números de treinamentos ou reuniões realizadas por mês | | Injeção da Argamassa | 0:04:00 |
| Estacas/dia | Número de estacas executadas por dia | | Pressão com Ar Comprimido | 0:02:36 |
| Manutenções/mês | Número de manutenções de rotina realizadas por mês | | Desmobilização do equipamento | 0:05:00 |
| | Número de manutenções emergenciais realizadas por mês | | | |

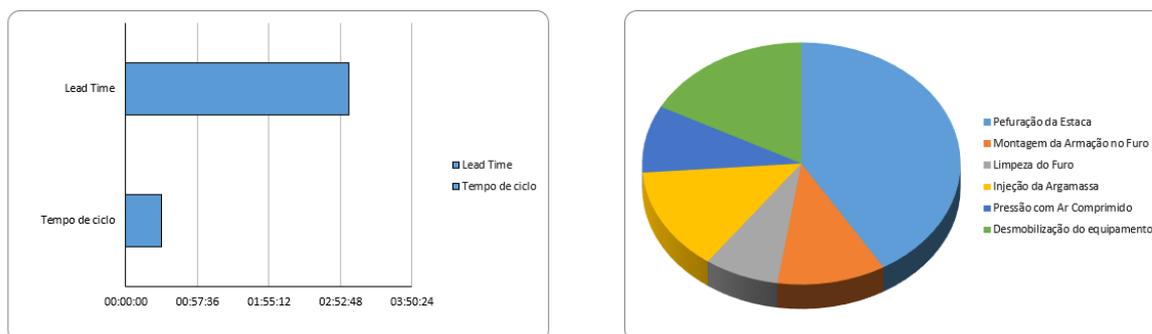


Figura 8: Planilha de indicadores. Fonte: os autores, 2022.

Como sugestão, foi elaborada uma planilha de treinamentos para as diversas áreas da empresa, englobando desde treinamentos de Normas Regulamentadoras e segurança do trabalho até ferramentas de gestão e melhorias para o setor de recursos humanos, conforme pode-se observar na Figura 9, que apresenta um recorte da planilha.

| TREINAMENTO | EQUIPE | JUSTIFICATIVA | CRONOGRAMA |
|---------------------------------|---------------|--|------------|
| Primeiros Socorros | Geral | É necessário que a equipe saiba realizar os primeiros socorros em caso de acidentes | A DEFINIR |
| Treinamento Especifico de NR 12 | Operacional | Tem como objetivo garantir que máquinas e equipamentos sejam seguros para o uso do trabalhador. | A DEFINIR |
| Treinamento Especifico de NR 18 | Operacional | Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção ⁷ é uma norma regulamentadora que define as condições de trabalho na Construção Civil. | A DEFINIR |
| Treinamento Especifico de NR 5 | Operacional | Trata sobre a CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - e suas aplicações | A DEFINIR |
| Desenvolvimento de Liderança | Geral | As empresas buscam cada vez mais pessoas com perfil de liderança, para que possam confiar o serviço. | A DEFINIR |
| Ética | Geral | Ética no trabalho e na relação com colegas, subordinados e superiores. | A DEFINIR |
| Metodologias Ágeis | Administração | Aprender sobre as vantagens de uso de metodologias ágeis no dia a dia | A DEFINIR |
| Ergonomia | Geral | Não é só a posição que se travaRelação do homem com as condições de trabalho, estabelecendo normas para melhorar esse relacionamento. | A DEFINIR |

Figura 9: Recorte da planilha de treinamentos. Fonte: os autores, 2022.

4 Conclusões

A partir do que foi exposto, conclui-se que as ferramentas apresentadas orientam o diagnóstico preciso da situação e dos problemas que podem impedir que as metas estabelecidas pela empresa sejam alcançadas. Durante todas as fases de aplicação da metodologia foram

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



realizadas análises e discussões acerca da representatividade do que estava sendo obtido com a realidade da empresa, a qual forneceu todas as informações solicitadas e participou validando o que era apresentado.

Com a utilização da Matriz de Causa e Efeito é estabelecido quais problemas devem ser sanados com maior urgência. Essa orientação é importante tanto para esse projeto, mas também para a própria empresa, que fica ciente de que problemas estão impactando de forma mais intensa para que não sejam cumpridas as metas diárias de execução de fundações. Logo, trata-se de um procedimento que pode ser empregado na análise da execução de outros tipos de estaca.

Ressalta-se a importância do envolvimento de todos os colaboradores para a efetiva aplicação das ferramentas, e do necessário acompanhamento da evolução das ações. Além disso é preciso levar em conta o fator humano em todas as fases do projeto, analisando os efeitos físicos e psicológicos das ferramentas nos profissionais e realizando possíveis ajustes para adaptação das melhorias às condições enfrentadas no dia a dia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Ceará e à GEOBRASIL LTDA, que através do apoio e fornecimento de informações, possibilitaram a existência desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTINHO, T. O que é Lean Six Sigma? Entenda o funcionamento dessa metodologia. **Voitto**, 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-seis-sigma>. Acesso em 31/10/2022.
- CLETO, M. G. Q; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, 2011. v. 11, n. 1, mar. 2011.
- GESTÃO DORSAL. Tipos de certificações em Lean Six Sigma: quantos níveis são e como fazer. **Gestão Dorsal**, 2021. Disponível em: <https://www.gestaodorsal.com/post/certificacao-lean-six-sigma-quantos-belts-sao-e-como-fazer>. Acesso em 02/12/2022.
- KAÍZA, J. Matriz de Causa e Efeito: aprenda o que é e como aplicar para o seu negócio. **Voitto**, 2022. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/matriz-de-causa-e-efeito>. Acesso em 21/02/2023.
- VELLOSO, D. de A; LOPES, F. de R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2010. 583p.
- WERKEMA, C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 259p.
- WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 4ª Ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006. 115p.
- YAMAMOTO, L. S; SERRA, S. M. B. **Modelo avaliativo de aplicação do Lean Sis Sigma em empresas construtoras**. Brazilian Journal of Development, 2021. Curitiba. v. 7, n.3, mar. 2021.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

