

REDUÇÃO DE PARADAS POR BLOQUEIO DE EMPILHAMENTO NO PÁTIO DE ESTOCAGEM DO TERMINAL MARÍTIMO DE PONTA DA MADEIRA: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Dyenne Andrea Rabelo Amorim (VALE) – dyenne.andrea.amorim@vale.com

Jessica Bastos Chaves (VALE) – jessica.bastos@vale.com

Herberth Bruno Nunes e Silva (VALE) – herberth.silva@vale.com

Resumo

O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), localizado em São Luís (MA), é um ativo logístico estratégico para a Vale, com capacidade de movimentar cerca de 230 milhões de toneladas, sendo o principal ponto de escoamento do minério de ferro (MFe) extraído no Sistema Norte, especialmente da mina de Carajás (PA). Com isso, estudar e reduzir impactos que comprometem a eficiência do terminal é primordial para a manutenção da competitividade da empresa perante seus concorrentes. O projeto Seis Sigma desenvolvido no TMPM teve como objetivo a redução dos impactos causados por bloqueio por empilhamento no pátio de estocagem, responsável por 68% dos eventos dessa natureza entre julho de 2023 e junho de 2024 localizados no Pátio Sul. Estabeleceu-se como meta a redução de 40% no tempo médio de parada para esse modo de falha, de 0,57 h/Mton para 0,34 h/Mton, sendo atingido o resultado de 0,33 h/Mton no período de verificação (outubro a dezembro de 2024), representando uma redução total de 46% em relação ao período analisado. A iniciativa demonstrou relevância estratégica para a Vale ao contribuir diretamente para o aumento no volume embarcado de 144.513 em toneladas de MFe, promovendo um ganho financeiro potencial de R\$ 22,4 milhões para o caixa da companhia. Além dos ganhos relacionados a produtividade, o projeto contribuiu também no que tange a ganhos qualitativos como a padronização de processos, fortalecimento da cultura de solução de problemas e melhoria contínua e aderência ao Sistema de Produção da Vale (VPS), assegurando a sustentabilidade dos resultados alcançados.

Palavras-chave: Seis Sigma, Mineração, Indicadores.

1. Introdução

A logística portuária desempenha papel crucial na eficiência do escoamento da produção mineral. O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, localizado em São Luís-MA, é um importante ponto de escoamento de minério de ferro. Entretanto, paradas operacionais causadas por bloqueio de empilhamento no Pátio Sul têm gerado impactos negativos na produtividade. A aplicação de



metodologias baseadas em melhoria contínua como o Seis sigma torna-se um aliado para alavancar a produtividade e tonar a empresa competitiva no mercado global.

2. Metodologia

Este artigo apresenta os resultados de um projeto de melhoria contínua, baseado na metodologia Seis Sigma, cujo objetivo principal foi reduzir impactos de produção e melhorar a eficiência operacional da planta do Terminal Marítimo Ponta da Madeira. Para isso, o trabalho desenvolveu-se conforme os seguintes tópicos: fase de definir, fase de medir, fase de analisar, fase implantar melhorias e fase controlar os resultados.

3. Seis sigma

A metodologia Seis Sigma teve origem na década de 1980, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir a variabilidade dos processos. A partir da década de 1990, o Seis Sigma foi amplamente divulgado e adotado por grandes corporações, consolidando-se como uma das mais importantes ferramentas de gestão da qualidade (PYZDEK; KELLER, 2010).

O termo “Seis Sigma” refere-se a uma medida estatística de qualidade que busca limitar o número de defeitos a no máximo 3,4 por milhão de oportunidades. Essa meta de desempenho baseia-se na curva normal de distribuição, em que seis desvios-padrão separam a média dos limites de especificação de um processo. Isso implica uma margem muito pequena para variações indesejadas e posiciona o Seis Sigma como uma filosofia de gestão voltada à excelência operacional por meio da redução da variabilidade e do controle rigoroso dos processos (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

TABELA I - Comparativo entre escalas sigma

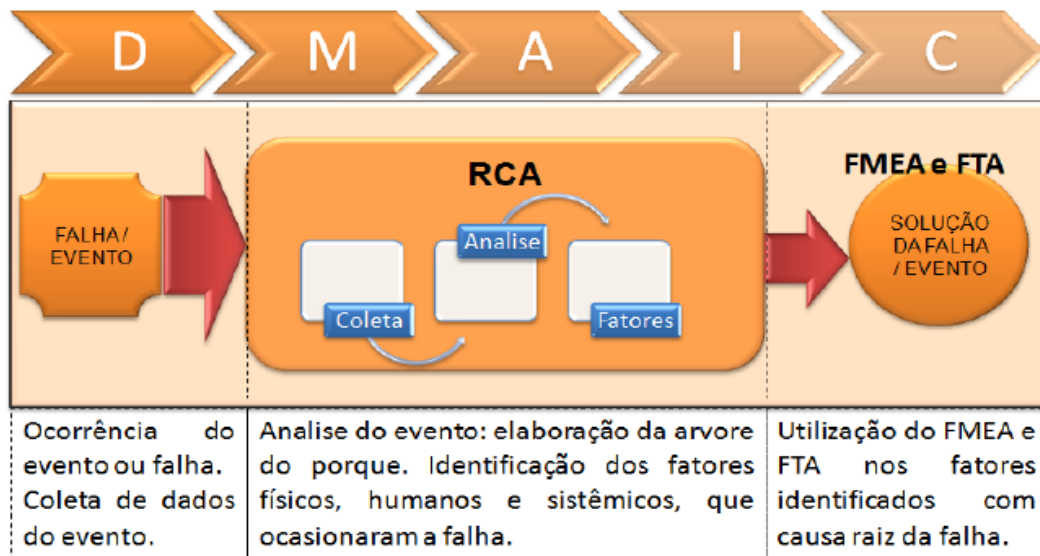
Nível de qualidade	Defeito por milhão (ppm)	Percentual de conformidades
2 sigma	308.537	69,15
3 sigma	66.807	93,32
4 sigma	6.210	99,3790
5 sigma	233	99,97670
6 sigma	3,4	99,999660

Fonte: Apostila do Curso Seis Sigma Green Belt (Vale, 2023)

A estrutura do Seis Sigma é baseada no ciclo DMAIC (*Measure, Analyze, Improve e Control*), em tradução livre corresponde a Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Esse ciclo é utilizado

em projetos que buscam a melhoria contínua de processos já existentes, promovendo a identificação e eliminação de causas de defeitos, além de garantir a padronização das soluções implementadas. O DMAIC se destaca por sua aplicação sistemática e pelo suporte em ferramentas estatísticas e gerenciais, o que permite abordagens objetivas e eficientes (GEORGE et al., 2005).

FIGURA I - Fases da metodologia DMAIC



Fonte: Schmitt (2013)

Em síntese, o Seis Sigma representa uma metodologia robusta de melhoria de processos, sustentada em análises estatísticas, foco no cliente e estruturação de projetos. Seu impacto na redução de custos, aumento da produtividade e elevação da qualidade dos produtos e serviços é amplamente reconhecido. Ao ser corretamente aplicado, o Seis Sigma contribui significativamente para o alcance da excelência operacional em ambientes industriais (SNEE; HOERL, 2003).

4. Estudo de caso: redução de paradas por bloqueio de empilhamento no Pátio de estocagem do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira

4.1 fase de definir

Os equipamentos referenciados nesse estudo de caso são de responsabilidade da empresa Vale, situada em São Luís, no estado do Maranhão, na localização dos pátios de estocagem do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira.

Com sede no Brasil, a Vale possui operações em mais de 30 países, atuando na mineração, logística, energia e siderurgia. É uma das maiores produtoras globais de minério de ferro, pelotas e níquel. A



empresa também opera em setores como cobre, carvão e metais preciosos, além de controlar uma das maiores redes de logística integrada do Brasil, com ferrovias, portos e terminais (VALE, 2025).

O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TPPM), localizado em São Luís, Maranhão, é um dos mais importantes complexos portuários do Brasil e do mundo em termos de movimentação de cargas, sendo operado pela Vale S.A. Sua infraestrutura avançada permite o embarque de grandes volumes de minério de ferro, pelotas e manganês, principalmente para mercados da Ásia, Europa e América do Norte. O terminal se destaca por sua eficiência logística, capacidade de receber navios de grande porte (como os Valemax) e integração com ferrovias estratégicas como a Estrada de Ferro Carajás (EFC), contribuindo diretamente para o desempenho exportador brasileiro e fortalecendo a posição da Vale no comércio global de minerais.

Com a maior movimentação portuária do Brasil desde 2014 segundo a ANTAQ – SDP, O TPPM, possui capacidade instalada para movimentar cerca de 230 milhões toneladas de minerais, o complexo é composto por 5 navios, 8 carregadores de navios, 18 máquinas de pátios, 140 quilômetros de correias transportadoras e 8 viradores de vagões.

FIGURA II - Sistema Norte da Vale



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

A planta é composta por 3 macroprocessos, são eles: Descarregamento, Pátio e Embarque, onde geograficamente são distribuídos em 2 pátios de estocagem, o norte e o sul. Para o processo descarregamento, ele é composto pelo conjunto de equipamentos formados pelos VV's (Viradores de Vagões), EP (máquinas que empilham minério) e ER's (máquinas que empilham e recuperam

minério), tais máquinas possuem capacidade nominal de 16.000ton/h. Para o estudo deste caso, as máquinas EP's e ER's operando em modo empilhamento são objetos de estudo.

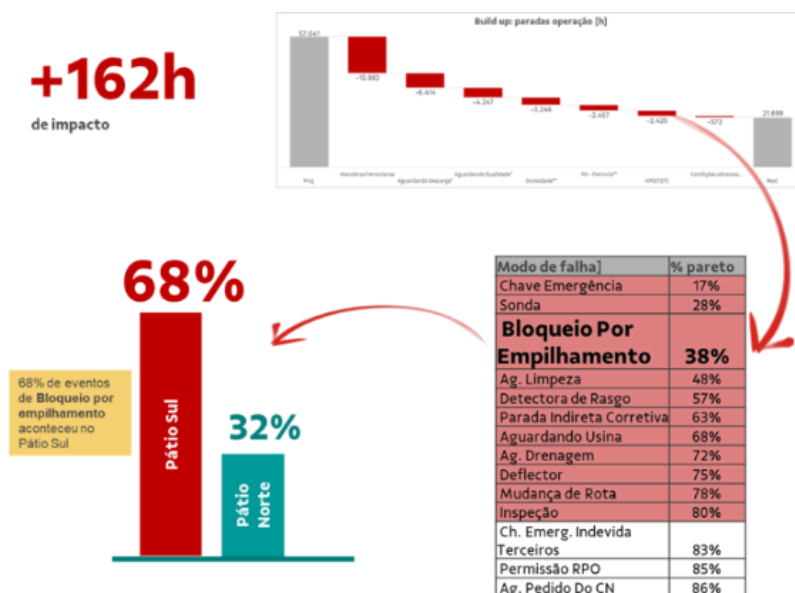
FIGURA III – Pátios de estocagem TPPM



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Foi observado que durante o período de julho de 2023 a junho de 2024, o modo de falha bloqueio por empilhamento representava 38% (162 horas) de impacto dentro da parcela de horas paradas do perfil de capacidade do Porto. 68% desse total estavam concentradas no Pátio Sul.

FIGURA IV – Definição do problema

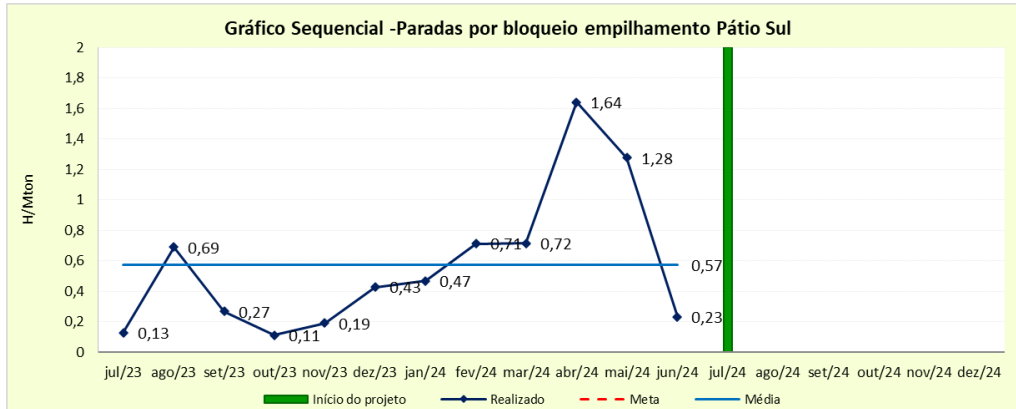


Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

O Bloqueio por Empilhamento é condição em que uma EP é impedida de operar devido ao posicionamento de uma RP/ER no balizamento programado ou próximo, ocasionando a possibilidade de atuar o sistema de segurança anticolisão. O indicador correlaciona-se diretamente com a utilização

dos equipamentos e *Overall Equipment Effectiveness* OEE do Processo Descarregamento, que por sua vez, possui grande relevância para a estratégia de atingimento de Volume da Vale em 2024.

GRAFICO I – Gráfico sequencial paradas por bloqueio Pátio Sul



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Durante o período analisado (julho de 2023 a junho de 2024), houve uma variação de 0,11h/Mton a 1,64h/Mton (amplitude de 1,53), apresentando uma média de 0,57h/Mton e desvio padrão de 0,48, presença de *outlier*. Observa-se que durante esse intervalo de tempo, tem-se:

- Acima da média (0,57 h/Mton): 05 resultados;
- Abaixo da média (0,57 h/Mton): 07 resultados.

TABELA II – Análise descritiva do fenômeno

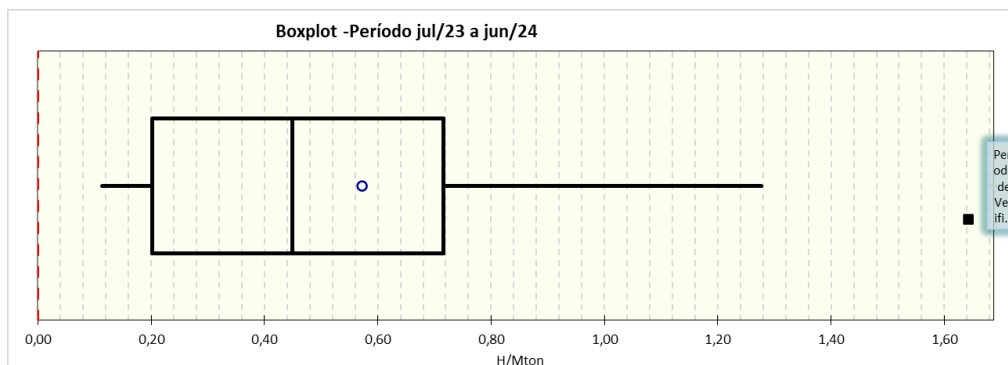
Variável	Número de dados	Média	Desvio Padrão	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo	Amplitude
H/Mi./ton	12	0,57	0,48	0,11	0,20	0,45	0,72	1,64	1,53

Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Observa-se também através da aplicação da ferramenta *boxplot* que:

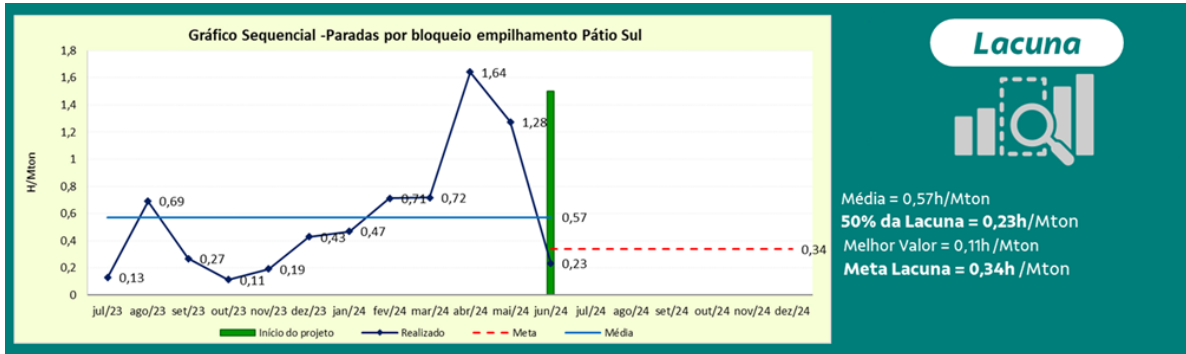
- 1º quartil, 25% das paradas são iguais ou menores que 0,20 h/Mton;
- 3º quartil, 75% das paradas são iguais ou menores que 0,72 h/Mton;

GRÁFICO II – Boxpot bloqueio por empilhamento julho de 2023 a junho de 2024



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

GRÁFICO III – Estabelecimento da meta



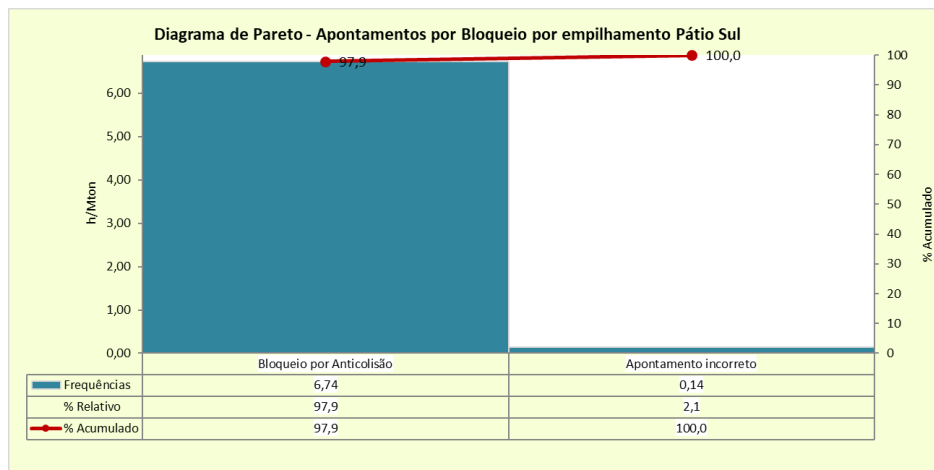
Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

A partir da análise dos dados, utilizando o método da lacuna, foi estabelecida a meta geral do projeto de reduzir em 40% (0,23 h/Mton) saindo de 0,57 para 0,34h/Mton impactos no indicador paradas por bloqueio empilhamento do Pátio Sul até 31 de dezembro de 2024.

4.2 Fase de medir

Utilizando o gráfico de Pareto, observou-se que o motivo o bloqueio por empilhamento corresponde a 97,9% dos dados apontados para modo de falha bloqueio por empilhamento.

GRÁFICO IV – Apontamentos por bloqueio por empilhamento Pátio Sul



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Realizando a Estratificação por tipo de equipamentos (EP e ER), as EP's contribuem com 90,37% e as ER's com 9,63% dos impactos em relação à anticolisão, desdobrando mais um nível na estratificação, a EP5 é a máquina que possui maior representatividade em relação ao percentual total 61,38% e em seguida, a EP6 contribuindo com 28,99%. Com isso, o foco de atuação será dado a essas máquinas, EP5 e EP6 para definição das metas específicas.

TABELA III – Estratificação para definição dos focos

Total Anticolisão Máquinas do Pátio Sul(H.MiTon)	
6,74	

Anticolisão EPs	
6,09	90,37%

Anticolisão ERs	
0,65	9,63%

EP5	
4,13	67,92%
	61,38%

ER5	
0,12	18,18%
	1,75%

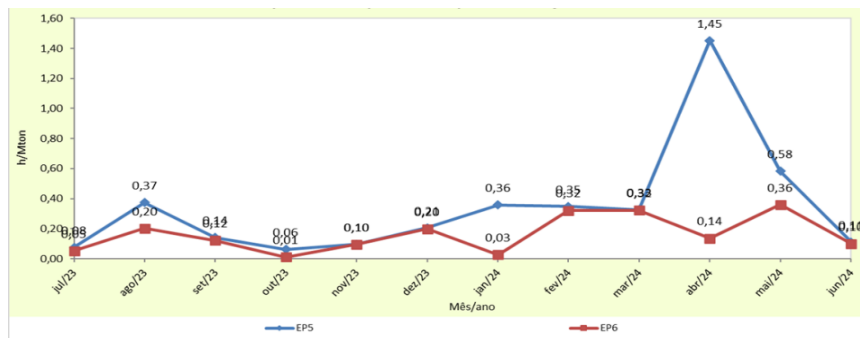
EP6	
1,95	32,08%
	28,99%

ER6	
0,53	81,82%
	7,88%

Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

O maior desvio padrão foi da EP5, com 0,38 com pico máximo de 1,45, média de 0,34 amplitude de 1,39. EP6 apresentou média igual a 0,16, desvio padrão de 0,12 e amplitude 0,35.

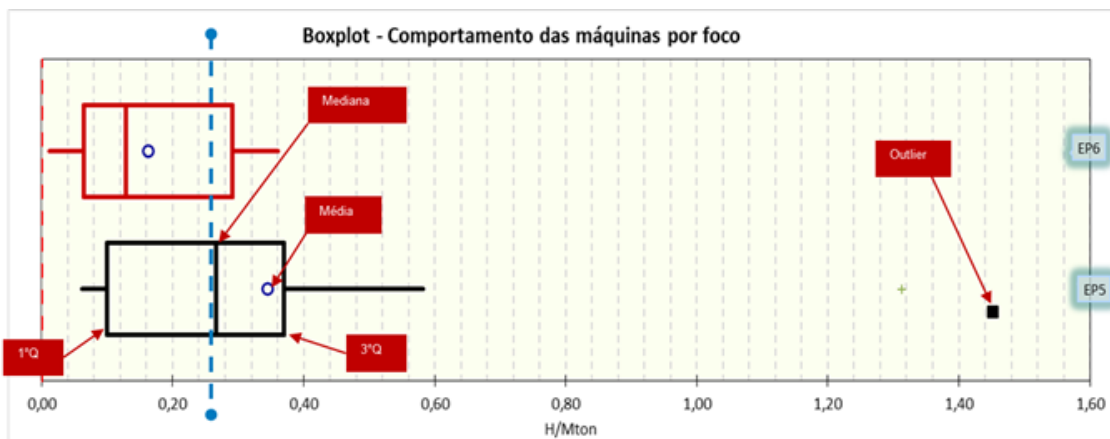
GRÁFICO V – Gráfico sequencial múltiplo: Paradas por bloqueio por empilhamento EP5 e EP6



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Utilizando a ferramenta *Bloxpot*, foram encontradas observação atípica (outlier) na EP5 e na EP6 não foram encontradas observação atípica (*outtier*).

GRÁFICO VI – Comportamento das máquinas por foco (EP5 e EP6)



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Com isso, a partir da utilização do método da lacuna, foi definida a meta para os dois focos:

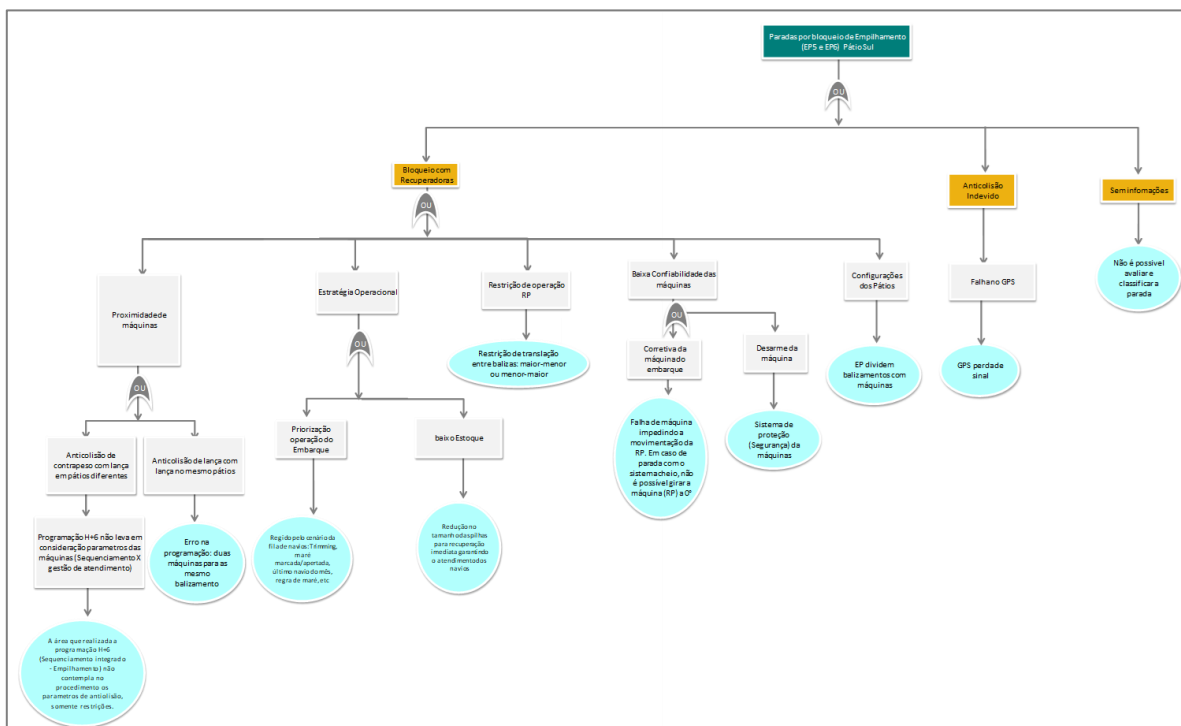
- EP5: reduzir em 49%, saindo de 0,37h/Mton para 0,17h/Mton de impactos por bloqueio por Empilhamento referente a anticolição na EP5 até 31 de dezembro de 2024;
- EP06: reduzir em 47%, saindo de 0,16h/Mton para 0,09h/Mton de impactos por bloqueio por Empilhamento referente a anticolição gerados pela EP6 até 31 de dezembro de 2024.

Atingindo as metas específicas definidas para suportar a meta geral (0,34/Mton) e captura da lacuna (0,23h/Mton), será possível reduzir em 0,24H/Mton a performance do resultado do indicador principal.

4.3 Fase analisar

Nesta fase do projeto será realizada as análises das principais das causas dos problemas. A análise foi realizada utilizando a ferramenta *Fault tree analysis* (FTA) buscando a priorização da análise da causa raiz. A árvore de causas foi elaborada por equipe multidisciplinar e foram levantadas 10 causas possíveis conforme pode-se observar na figura abaixo:

FIGURA V – FTA: levantamento de causas



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).



Após a estratificação das causas, foi realizada a priorização das mais relevantes que contribuem para a ocorrência do problema, para isso foi estabelecido critérios baseados nos seguintes itens: impacto no problema (peso 10), Custo para eliminação (peso 8), frequência do problema (peso 6); autonomia (Peso 4) e facilidade de eliminação (Peso 2).

TABELA IV: Matriz de priorização das causas

Foco 1: EP05	Foco 2: EP06	Causas Levantadas	Critérios de Priorização					Total	Nota de Corte utilizada para a priorização (Método do Quartil)
			Impacto no Problema	Custo para eliminação	Frequência do problema	Autonomia	Facilidade de Eliminação		
		Peso do Critério	10	8	6	4	2		88
x	x	Fragilidade na programação H+6 para se readequar ao cenário	5	5	3	3	5	118	
x	x	Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento (lança x lança)	5	5	5	3	5	130	
x	x	Regido pelo cenário da fila de navios: Trimming, maré marcada/apertada, último navio do mês, regra de maré, etc	5	1	3	0	1	78	
x	x	Redução no tamanho das pilhas para recuperação imediata garantindo o atendimento dos navios	5	1	3	1	1	78	
x	x	Restrição de translação entre balizas: maior-menor ou menor-maior	5	1	3	1	1	78	
x	x	Falha de máquina impedindo a movimentação da RP. Em caso de parada com o sistema cheio não é possível girar a máquina (RP) a 0°	3	1	1	0	1	46	
x	x	Sistema de proteção (Segurança) da máquinas	1	1	1	1	1	26	
x	x	GPS perda de sinal	3	1	1	0	1	46	

Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Utilizado o valor de referência de 88 para determinar a linha de corte da priorização com base no método do quartil, foram determinadas as seguintes causas: Programação H+6 não leva em consideração parâmetros das máquinas (Contrapeso x lança), erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento (lança x lança). Com isso, das 10 causas levantadas, 2 foram priorizadas e comprovadas em campo.

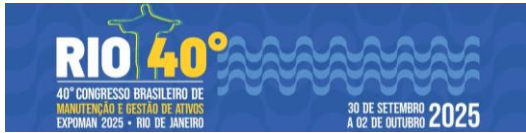


TABELA V – Matriz de priorização de soluções

Foco 1: EP05	Foco 2: EP06	Causas a Serem Tratadas	Possíveis Soluções	Peso				Total	Método do Quartil
				10 Impacto sobre a causa	8 Complexidade	8 Custo	6 Prazo		
		Causa 1: A área que realizou a programação H+6 (Sequenciamento integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Utilizar simulador de anticolisão	5	5	5	5	160	160
			Otimizar a qualidade da estratégia operacional	1	5	5	5	120	
			Programar as pilhas disponíveis no pátio de estocagem e direcioná-las para os navios atracados.	5	5	5	5	160	
			Inserir no procedimento sequenciamento e Gestão de atendimento no passo a passo para programação de pilha o anticolisão	5	5	5	3	148	
			Integrar todas as fases na utilização do SIOP (Sequenciamento integrado, sequenciamento fase, MCP Descarregamento, MCM)	5	5	5	5	160	
		Causa 2: Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento	Inserir no procedimento sequenciamento e Gestão de atendimento no passo a passo para programação de pilha o anticolisão	5	5	5	3	148	
			Utilizar o SIOP para programação D+1	5	5	5	5	160	
			Definição do sentido de recuperação e empilhamento com base no cenário atual e futuro (Sala de Controle)	5	5	5	5	160	
			Implantação de 100% do SIOP em todos os processos (Empilhamento, Pátio e Embarque)	5	3	3	0	98	

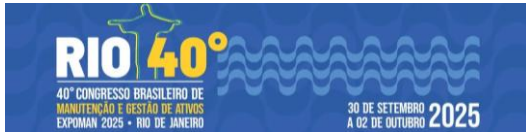
Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

A partir da investigação das causas fundamentais e realizando um *brainstorming*, foram traçadas para causa 1: 5 soluções e causa 2: 3 soluções. E utilizando o método do quartil, causa 1: 3 soluções priorizadas e causa 2: 2 soluções priorizadas.

4.4 Fase implantar melhorias

A metodologia 5W2H é uma ferramenta de gestão amplamente utilizada para a elaboração de planos de ação, sendo caracterizada por sua simplicidade e objetividade. Essa abordagem sistemática auxilia no detalhamento e na organização das tarefas, proporcionando maior clareza na tomada de decisões e no acompanhamento das ações, sendo especialmente útil em projetos de melhoria contínua e em ambientes industriais. (LACOMBE; HEILBORN, 2024).

Para esta fase do projeto, reunindo a equipe multidisciplinar e partir da utilização da metodologia 5W2H, foram estabelecidas 11 ações para as 2 causas priorizadas.



TABELE VI – Plano de ação

Fase 1: FMS	Fase 2: FMS	Causas a Serem Tratadas	Soluções a serem Implementadas	What? (O que?)	Who? (Quem?)	5W2H					Status	
						When? (Quando?)	Why? (Por que?)	Where? (Onde?)	How? (Como?)	How much? (Quanto custa?)		
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Utilizar simulador de anticolisão	Clair aplicação no Power App simulador anticolisão	Elisson Santos	16/09/2024	Para verificar possíveis anticolisões	Power App	Criação em ambiente do power App	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Utilizar simulador de anticolisão	Treinar equipe COO e Turno Descargamento no simulador anticolisão	Elisson Santos	25/09/2024	Para deixar todos os operadores e controladores capacitados na máquina	Sala de Controle e Mirante	Alinhamento presencial	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Programar as pilhas disponíveis no pátio de estocagem e direcioná-las para os navios atracados.	Enviar programação da simulação de qualidade para o MCP Embarque (SIOP)	Marcio Neto	25/09/2024	Para antecipar estratégia da sala de controle e evitar possíveis Anticolisões	Simulação via SIOP	Enviar simulação por Email	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Programar as pilhas disponíveis no pátio de estocagem e direcioná-las para os navios atracados.	Realizar alinhamento Gestão de atendimento x MCP embarque sobre a utilização da simulação de qualidade (SIOP).	Dyenne Amorim	25/09/2024	Para garantir que operadores e controladores estejam capacitados e alinhados na utilização da máquina	Teams	Alinhamento via teams	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Integrar todas as bases na utilização do SIOP (Sequenciamento Integrado, sequenciamento base, MCP Descargamento, MCM)	Clair instrução de trabalho para padronização do uso do SIOP entre as bases para fila de vagões H+6.	Jessica Bastos	13/09/2024	Para garantir a padronização do uso do SIOP em todas as bases	SISPAV	Criação de instrução de trabalho	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: A área que realiza a programação H+6 (Sequenciamento Integrado - Empilhamento) não contempla no procedimento os parâmetros de anticolisão, somente restrições.	Integrar todas as bases na utilização do SIOP (Sequenciamento Integrado, sequenciamento base, MCP Descargamento, MCM)	Inserir no procedimento PRO 010574 Controle Operacional Descargamento Clair instrução de trabalho para padronização do uso do SIOP entre as bases para fila de vagões H+6.	Jessica Bastos	20/09/2024	Para garantir que a padronização esteja cadastrada em um sistema homologado pela Vale	SISPAV	Inserindo no PRO 010574	RS	-	Concluído
x	x	Causa 1: Programação H+6 não leva em consideração parâmetros das máquinas (Sequenciamento X gestão de atendimento)	Inserir no procedimento sequenciamento e Gestão de atendimento no passado a passo para programação de pilha o anticolisão	Trinar equipe MCM x MCP Descargamento no Procedimento 045592 ANS - Utilização Integrada do SIOP	Dyenne Amorim	20/09/2024	Para garantir papel e responsabilidade de cada base	045592 ANS - Utilização Integrada do SIOP	Treinamento presencial	RS	-	Concluído
x	x	Causa 2: Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento	Utilizar o SIOP para programação D+1	Inserir no acompanhamento da fila de vagões a partir da fila programada D+1	Jessica Bastos	20/09/2024	Para garantir maior previsibilidade para a estratégia operacional D	SIOP	Empuando os dados no D+1 do SIOP	RS	-	Concluído
x	x	Causa 2: Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento	Definição do sentido de recuperação e empilhamento com base no cenário atual e futuro (Sala de Controle)	Inserir no Procedimento PRO 010574 Controle Operacional Descargamento Definição do sentido de empilhamento das máquinas (maior- menor e menor maior) com base no cenário atual e futuro pela Sala de COO.	Dyenne Amorim	05/10/2024	Para garantir a previsibilidade do cenário de operação e evitar que aconteça um anticolisão	SISPAV	Realizando foruns entre os processos.	RS	-	Concluído
x	x	Causa 2: Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento	Definição do sentido de recuperação e empilhamento com base no cenário atual e futuro (Sala de Controle)	Inserir no Procedimento PRO 016488 Controle Operacional Embarque definição do sentido de Recuperação (maior- menor e menor maior) com base no cenário atual e futuro pela Sala de COO.	Dyenne Amorim	05/10/2024	Para gerar entendimento entre os processos e garantir que todos estejam cientes do novo modelo	SISPAV	Realizando foruns entre os processos.	RS	-	Concluído
x	x	Causa 2: Erro na programação: duas máquinas para as mesmo balizamento	Definição do sentido de recuperação e empilhamento com base no cenário atual e futuro (Sala de Controle)	Realizar treinamento com os controladores do MCP Embarque e MCP Descargamento na atualização do PRO 016488 e PRO 010574 para garantir a definição do sentido de recuperação e empilhamento das máquinas pelo COO	Dyenne Amorim	10/10/2024	Para gerar entendimento entre os processos e garantir que todos estejam cientes do novo modelo	SISPAV	Realizando foruns entre os processos.	RS	-	Concluído

Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Para as melhorias implantadas pode-se destacar duas principais, são elas: padronização do uso de otimizador para programação das atividades me um horizonte de 6 horas e criação de um simulador anticolisão entre máquinas.

4.5 Fase de controlar

Na fase de monitoramento dos resultados alcançados após a implementação do plano de ação, foi estabelecida uma rotina que permitisse a sustentabilidade dos resultados. Foi criado um fluxo conforme FIGURA VII que estabelece um padrão para correção de falhas caso o problema venha a acontecer. Além disso, rotina dias de monitoramento do indicador com equipe multidisciplinar foi criada e procedimentos operacionais foram publicados.

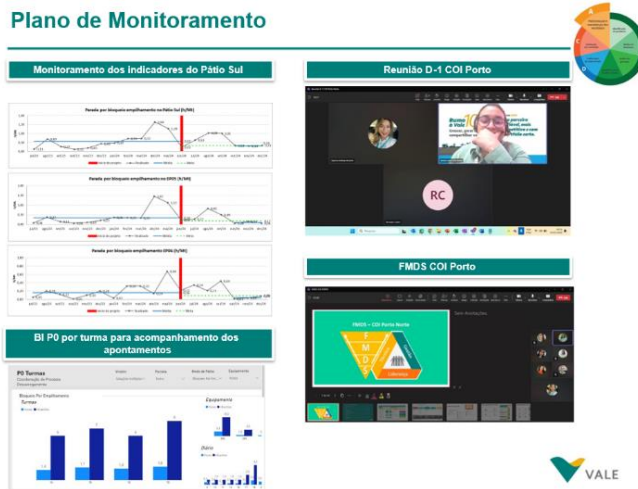
FIGURA VI – Plano de ação em caso de eventos Bloqueio por Empilhamento- OCAP



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).



FIGURA VII – Rotina de acompanhamento do indicador

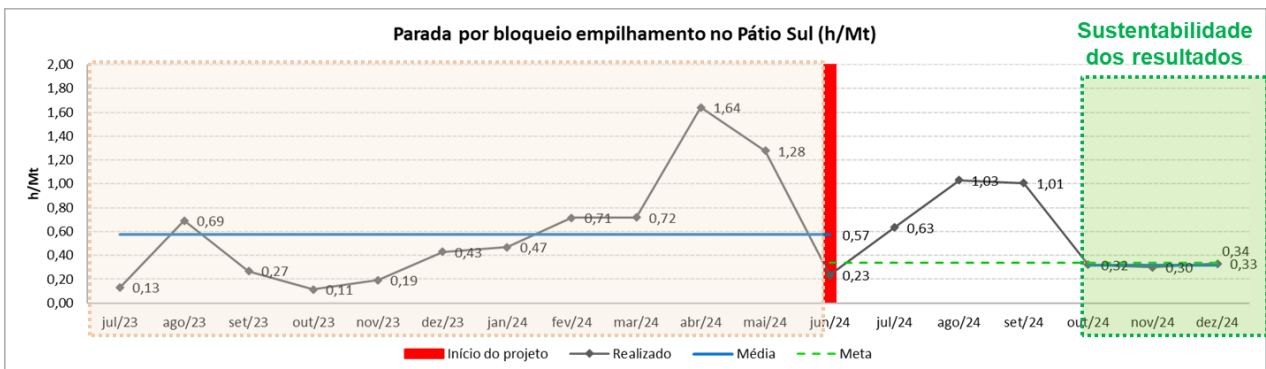


Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

4.6 Resultado e discussão

Foi identificada uma média de 0,57h/Mton de impacto no indicador de paradas por bloqueio de empilhamento, com impacto acumulado de mais de 162 horas no período analisado. A EP05 apresentou maior variação. Após a implantação de 11 ações estratégicas, incluindo a padronização de fluxos, padronização do uso de otimizador para programação das atividades me um horizonte de 6 horas e criação de um simulador anticolisão entre máquinas, observou-se uma redução média de 46%, atingindo 0,33h/Mton no período de verificação. EP05 reduziu para 0,09h/Mton (74%) e EP06 para 0,04h/Mton (75%) comprovando que o alcance das metas específicas foram capazes de sustentar a meta global do projeto. O ganho em volume para a companhia foi estimado em 144.513 toneladas, resultando em um ganho financeiro potencial estimado de R\$ 22.406.266,00.

GRÁFICO VII – Sustentabilidade dos resultados parada por bloqueio empilhamento



Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2024).

Além dos ganhos de produtividade, pode-se destacar que a implantação das melhorias também refletiu em ganhos qualitativos, tais como: maior assertividade na programação; melhora na interface



entre Manutenção e operação; avanço na implantação do uso do Otimizador de programações e padronização de fluxo dos processos entre as fases para uso do Otimizador de programações.

5 Considerações finais

A implementação da metodologia Seis Sigma permitiu alcançar a meta de redução de paradas por bloqueio de empilhamento, com ganhos expressivos tanto operacionais quanto financeiros. O projeto fortaleceu a cultura de melhoria contínua, evidenciando a importância da integração entre as áreas e do uso de dados confiáveis para a tomada de decisão. O modelo pode ser replicado em outros terminais com desafios semelhantes.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GEORGE, M. L. et al. Seis Sigma: o manual do gerente. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

LACOMBE, Francisco José Masset; HEILBORN, Gilberto Luiz José. Administração: princípios e tendências. São Paulo: Saraiva Uni, 2024. eBook. Disponível em: <https://www.kobo.com/br/pt/ebook/administracao-principios-e-tendencias>. Acesso em: 29 maio 2025.

SCHIMTT, J. C. Método de análise de falha utilizando a integração das ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA. Dissertação de Mestrado. Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2013.

SNEE, R. D.; HOERL, R. W. Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies. Upper Saddle River: Financial Times Prentice Hall, 2003.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

VALE S.A. História da Vale. Disponível em: <https://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/pages/default.aspx>. Acesso em: 30 maio 2025.

Vale. Apostila do Curso Seis Sigma Green Belt. Rio de Janeiro, 2023.