

EQUIPAMENTO RECONNECT

RECONNECT EQUIPMENT

Lucas Motta de Siqueira
Marcelo Augusto Landim do Rosario
Daniele Alcantara(Orientadora do trabalho)

RESUMO

A fratura em trilho é um dos fatores que mais apresentam risco às operações de trens, ocupando lugar de destaque em causas de acidentes ferroviários. A fratura é uma ocorrência que interdita imediatamente a circulação de trens, podendo causar impactos financeiros de grandes proporções, levando em consideração o tempo para atendimento. Logo, torna-se necessário realizar a manutenção de forma imediata no local para liberação da circulação de trens. Com a interdição do acesso de pessoas nas Zonas de Autossalvamento, as manutenções das vias ficaram limitadas, em especial as emergenciais, gerando um desafio para a empresa. Originou-se assim, a busca por novos métodos e tecnologias para inovar e garantir o processo em questão. Este artigo descreve o desenvolvimento de um veículo ferroviário não tripulado, controlado de forma remota, capaz de identificar uma fratura em um trilho e fazer o atendimento emergencial, aplicando talas de junção. Este estudo apresenta os resultados parciais do desenvolvimento, sua topologia, projeto, hardware e softwares utilizados, técnicas e metodologias para a construção do veículo. Também são apresentados quais resultados, custos e benefícios deste equipamento para a manutenção dos trilhos em Zonas de Autossalvamento

Palavras-chave: Fratura. Acidentes. Impactos financeiros. Atendimento emergencial. Talas de junção. Zonas de Autossalvamento.

ABSTRACT

The railway fracture is one of the factors that most pose risks to the operation of trains, as they occupy a prominent place in the causes of railway accidents, immediately banning their operation, which can cause major financial impacts due to the time taken to deal with these occurrences. As a result, it is necessary to carry out immediate maintenance to allow the circulation of trains. The interdiction of access for people in the self-rescue zones has made road maintenance limited, especially in emergencies, creating a challenge for the company. In this way, new methods and technologies were sought and developed to innovate the process in question. This article describes the development of an autonomous rail vehicle, remotely controlled, capable of identifying a fracture in a track, in addition to performing emergency care by applying junction splints. This study presents the partial results of the development, their topology, design, hardware and software used, techniques, and methodology for the construction of the vehicle. The results, cost and benefits of this equipment will also be presented for the maintenance of the tracks in self-rescue zones.

Keywords: Fracture. Accidents. Financial impacts. Emergency care. Junction splint. Self-Rescue Zones.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – lucasmotta05@hotmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – marcelo.l.rosario1@gmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – danielealcantara@gmail.com

1- Introdução

Um sistema ferroviário eficiente de transporte de cargas é extremamente necessário para o desenvolvimento de um país. Assumir pontos estratégicos na composição desta matriz é fundamental para a economia com um todo.

No Brasil, o sistema ferroviário ainda é pouco utilizado. Sua principal atuação é no transporte de cargas, disputando principalmente com o rodoviário. Dentre os benefícios, podemos citar o transporte de grãos de forma mais ágil e segura e a redução de caminhões nas estradas. Porém, a necessidade de expansão deste setor é um desafio. Falta continuidade de projetos para o setor.

Dentre as operadoras logísticas no Brasil, a MRS é vista como uma das principais, com uma malha de 1.643 km distribuídas nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, região responsável por concentrar metade do PIB brasileiro. Dentre esses, existe um trecho chamado frente norte que faz parte da ferrovia do aço, responsável por aproximadamente 30% da receita da operadora MRS logística.

A empresa MRS Logística também utiliza uma ferrovia que atravessa uma região conhecida por de Zona de Autossalvamento (ZAS). De acordo com o Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração – PAEBM (2019) a Zona de Autossalvamento é uma região com extensão de 10 quilômetros onde o curso da correnteza de rejeito de minério de ferro seguirá caso uma barragem se rompa, e é considerado que não haverá tempo suficiente para deixar local, sendo assim esta região não pode ser acessada.

As barragens de Mariana e Brumadinho fazem parte desta região controlada pela MRS. Estas cidades sofreram recentemente dois grandes desastres ambientais. Os acidentes foram causadas pelo rompimento das barragens que utilizam um método de construção ultrapassado, conhecido como a alteamento a montante. Após o desastre de Brumadinho a Agência Nacional de Mineração adicionou uma nova regra

que proíbe a construção de barragens com o método citado, prevendo também a retirada de todas as pessoas da Zona de Autossalvamento.

A ferrovia da MRS que atravessa a ZAS têm um percurso de 3,2 km de linha ferroviária restrita a ações humanas devido à proibição de acesso. Neste cenário, a realização de manutenções ferroviárias nesta região está comprometida. O ponto mais preocupante que pode causar a interrupção da circulação dos trens é caso ocorra uma fratura de trilho.

Como solução, a empresa está investindo em equipamentos de automação para realizar reparos no local de forma remota, resguardando a integridade física humana dos colaboradores e mantendo a circulação normal.

A proposta da empresa é desenvolver um equipamento com objetivo de reparar fraturas em trilhos nas Zonas de Autossalvamento (ZAS) na região das barragens de rejeito Vargem Grande (Forquilha I e Forquilha III) da empresa Vale que estão em estado de alerta nível 2. Para realizar essa manutenção está sendo desenvolvido um veículo ferroviário não tripulado para o atendimento à fraturas de trilho. Ele será capaz de se deslocar sob a linha férrea, identificar a fratura através de câmeras e aplicar um par de talas de junção, atividade realizada de forma remota, sem necessidade da presença humana no local.

Na criação do equipamento serão utilizadas estruturas metálicas para o desenvolvimento do chassi, que será acoplado a um conjunto de roldões. Este veículo ferroviário dedicado utilizará um motor de combustão a diesel como fonte de tração. Posteriormente, será embarcado no veículo os componentes e equipamentos que serão responsáveis pela manutenção, entre eles os principais: instrumentos hidráulicos, sensores, controlador lógico programável, câmeras, furadeira e parafusadeiras.

Desta forma este trabalho de conclusão de curso tem como finalidade auxiliar ao desenvolvimento deste veículo autônomo, considerado inovador, que tem por objetivo primário a supervisão e manutenção de fraturas em trilhos.

Este artigo detalha os passos para o desenvolvimento do veículo. Na seção 2 será realizada uma apresentação geral do projeto, na seção 3 definição, forma de operação, software, hardware e comunicação, na seção 4 a metodologia do projeto, na seção 5 os resultados e análise financeira e finalmente as conclusões.

2. Definição do Problema

A confiabilidade da malha ferroviária é fundamental para o andamento das atividades. Logo, com a finalidade de garantir a confiabilidade é importante a realização de manutenções preventivas e obrigatoriamente corretivas, em especial no caso de fraturas de trilhos, que é uma ocorrência que causa imediatamente a interrupção da circulação.

Conforme PEDRONI (2018) a fratura é quando ocorre a ruptura completa de uma barra de trilho, trazendo riscos eminentes de acidente ferroviário, interrompendo então a circulação da via. Esta é uma ocorrência que muitas das vezes acontecem de forma inesperada. De acordo com as estatísticas, especificamente no caso da ZAS, a fratura de trilho é a ocorrência mais propícia a se gerar uma interrupção da circulação de trens. Uma interrupção nesta região impactaria financeiramente para a empresa um valor aproximado de dois milhões de reais por dia.

Uma fratura pode ser classificada em três modos, fratura em trilhos, fratura em solda elétrica e fratura em solda aluminotérmica como apresentados nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente, este evento pode acontecer devido a uma variedade de causas (PEDRONI, 2018).



Figura 01: Fratura em Trilho
Fonte: Autores (2020)

A figura 01 apresenta uma fratura em trilha, que acontece quando uma barra de trilha se parte, seccionando à em duas partes ou mais partes (Roldo, 1998 *citado por* Assis, 2010)



Figura 02: Fratura em Solda elétrica

Fonte: Autores (2020)

A solda elétrica é a soldagem por sentelhamento, onde as faces das barras são aproximadas mantendo contato, posteriormente e aplicado uma diferença de potencial através de uma corrente elétrica, gerando então o aquecimento das extremidades e promovendo a fusão (MODENESI E MARQUES, 2006 *citado por* ALMEIDA; DIAS, 2018).

A fratura em solda elétrica conforme a figura 02, é causada geralmente devido a um defeito interno na solda, possivelmente um desvio durante o processo de soldagem ou alguma avaria no caminhão de solda.



Figura 03: Fratura em Solda aluminotérmica

Fonte: Autores (2020)

A soldagem aluminotérmica é realizada pela união de duas barras de trilho através de processo de reação química, utilizando fôrmas para a junção dos topos dos trilhos, onde são aplicados óxido de ferro granulado somado com com alumínio em pó, aquecidos através de fogo, posteriormente e realizado o esmerilhamento para finalização da solda (PEDRONI, 2018).

A fratura em solda aluminotérmica conforme figura 03, geralmente se origina a a partir de um defeito interno ocorrido durante o processo de soldagem.

As fraturas são analisadas por um grupo técnico da ferrovia, através de evidências, tais como fotos da fratura, do local, levantamento de inspeções e solicitações abertas, logo são definidas as causas de cada fratura. O gráfico 01 apresenta as causas das fraturas nos três primeiros trimestres do ano de 2020 na Ferrovia do aço.

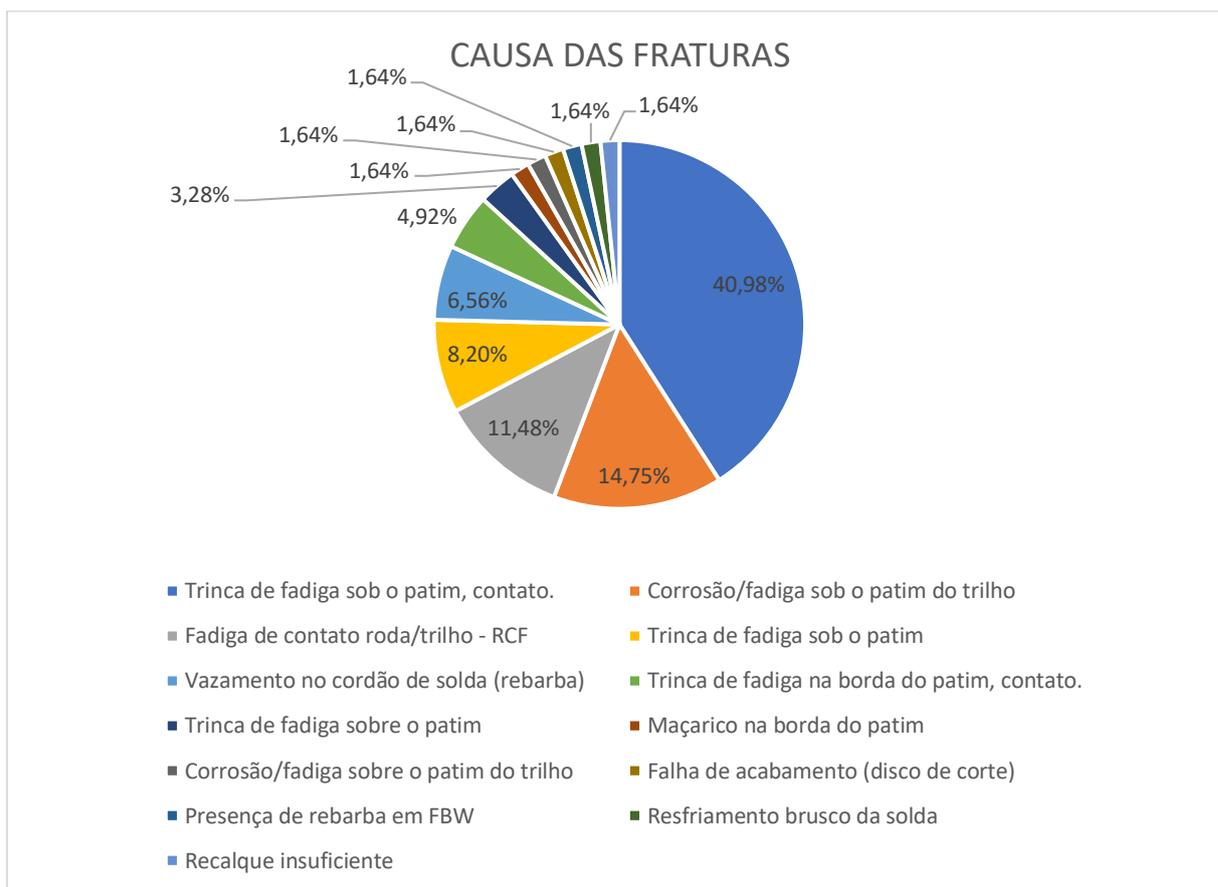


Gráfico 01: Causas das fraturas Ferrovia do aço 2020

Fonte: Autores (2020)

Conforme apresentado a causa mais frequente é a “trinca de fadiga sob o patim, contato, que acontece quando o patim do trilho entra em contato com algum objeto, podendo ser na maioria das vezes o lastro (Brita), causando o caldeamento no patim do trilho, como apresentado na figura 04, destacado em vermelho o ponto inicial da fratura, onde ocorreu um contato devido a excesso de lastro.



Figura 04: Início da Fratura
Fonte: Autores (2020)

2.1- Solução para Atendimento

O atendimento imediato a uma fratura é realizado com a aplicação de um par de talas de junção na alma do trilho, uma do lado interno e outra no lado externo. As talas de junção são peças de aço ajustadas de acordo com o perfil do trilho, fixada em pares, por meio de parafusos, porcas e arruelas, e tem como objetivo assegurar que os trilhos se mantenham alinhados na superfície de rolamento garantindo a segurança da circulação dos veículos ferroviários (Dnit ferróvias, 2012).

A figura 05 ilustra uma tala de junção aplicada na alma do trilho, descrevendo também as dimensões, raios e ângulos de usinagem de ambos.

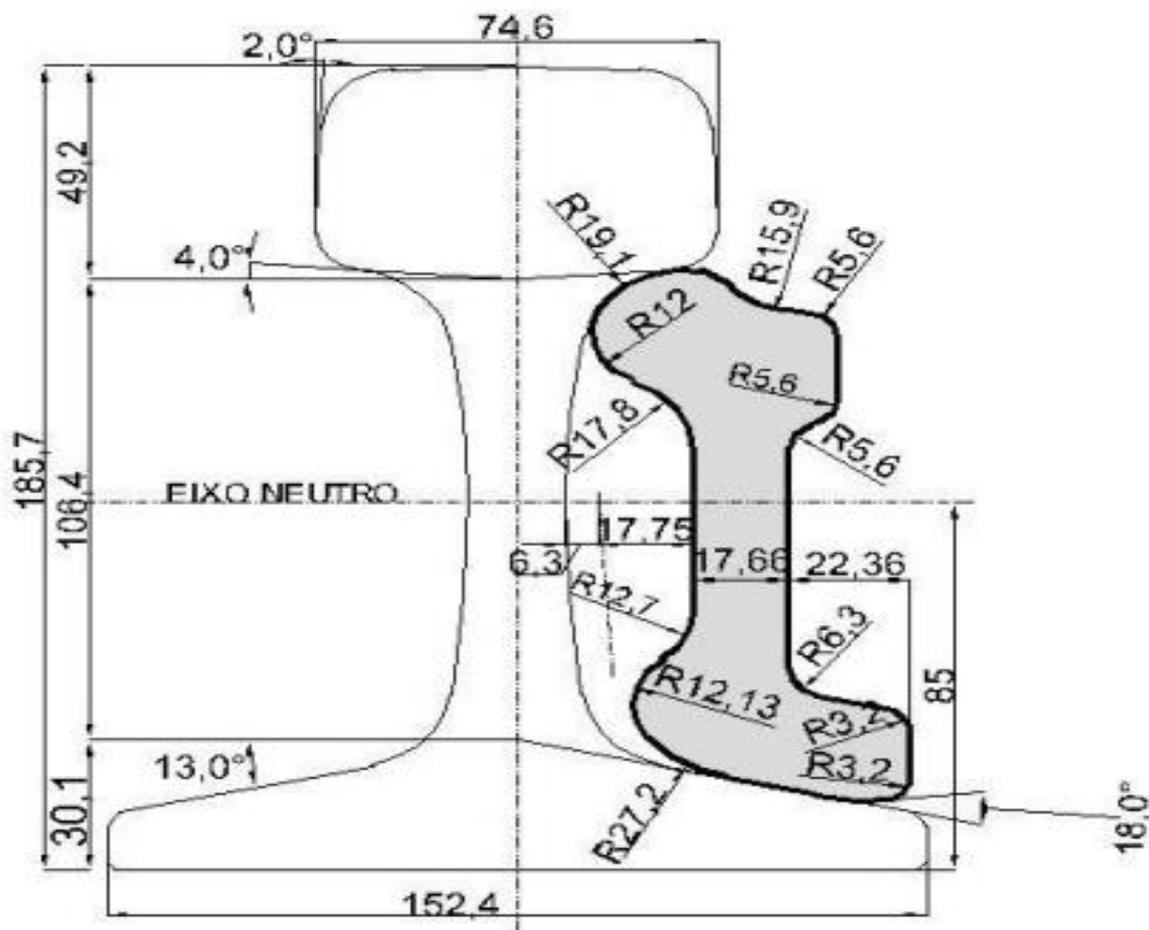


Figura 05: Tala de Junção aplicada no trilho
Fonte: Dnit Ferróvias (2012)

3- Projeto e Desenvolvimento

O equipamento em desenvolvimento terá a capacidade de realizar a manutenção corretiva de fraturas em trilhos, utilizando o método de atendimento imediato citado acima, que irá garantir que as extremidades dos trilhos não se movimentem.

O equipamento terá seu processo de atendimento iniciado após a comunicação da fratura, onde o mesmo será colocado sobre os trilhos através de um caminhão munck. Posteriormente, o operador se posicionará em um local apropriado e seguro, e então operará o equipamento até a localização da fratura, identificando-a através de câmeras GoPro que transmitirão imagens em tempo real para a tela do mesmo, em seguida será acionado as partes hidráulicas para acionar as travas de segurança e em seguida o posicionamento das talas de junção no centro da fratura, através da furadeira e das parafusadeiras que serão

orientados através de sensores de posição que farão respectivamente os furos e a aplicação simultânea dos parafusos, finalizando então o atendimento e retornando ao local de início.

O fluxograma da figura 06 apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto, sendo a hidráulica e a mecânica em conjunto as principais responsáveis pelas movimentações na realização da atividade.

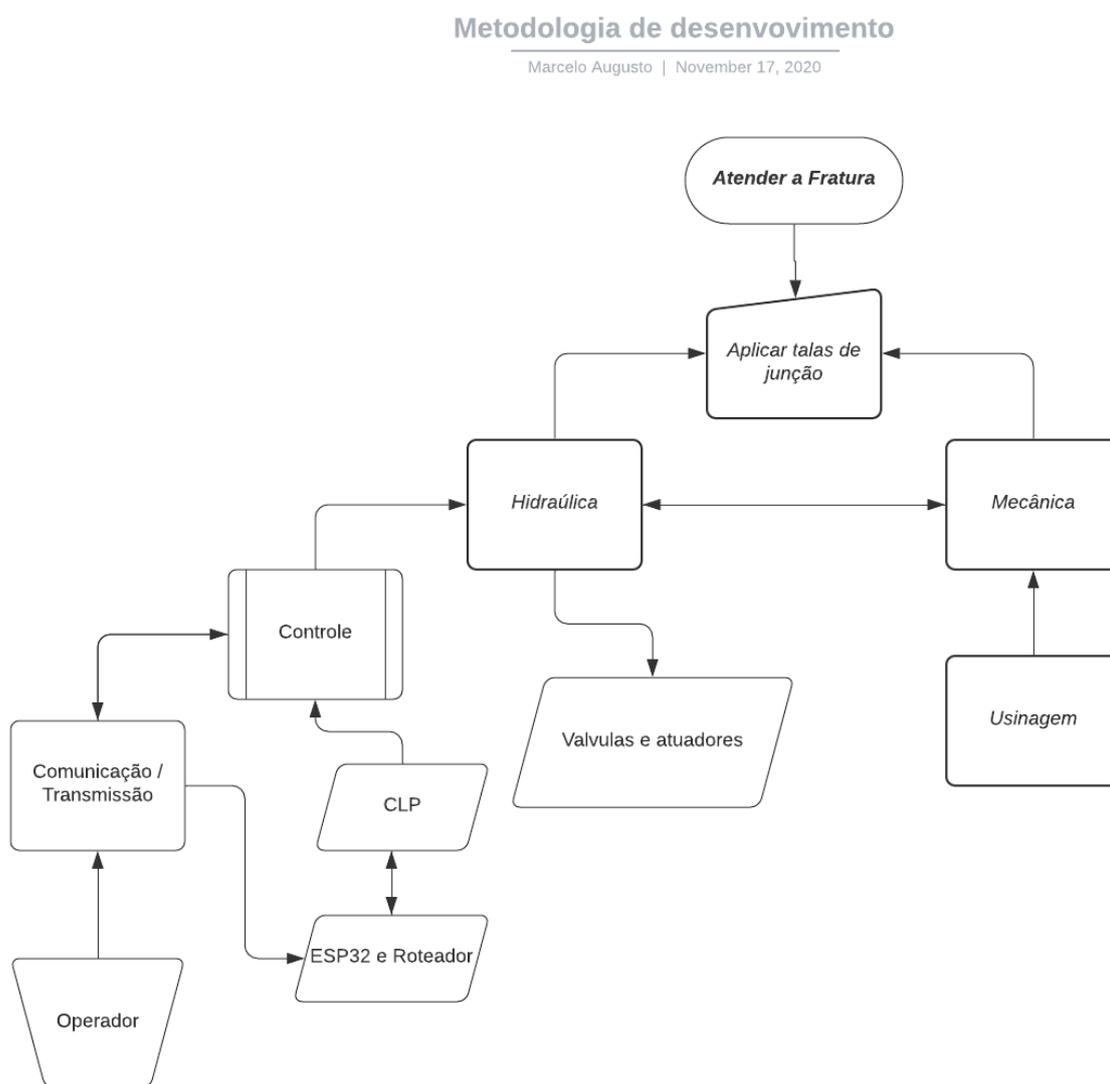


Figura 06: Metodologia de desenvolvimento
Fonte: Autores (2020)

3.1- Mecânica

O desenvolvimento do equipamento de auto atendimento remoto a fraturas de trilho, foi modelado em 3D e testado por um software SolidWorks, afim de se obter análise estrutural, simulação de movimentos e montagem de cada componente do

equipamento. No desenvolvimento do projeto foram abordadas etapas de conceito pesquisa e desenvolvimento com a finalidade de desenvolver um equipamento confiável que ofereça resultados positivos.

Para sua construção foram utilizado mancais, estruturas de viga W, guias Lineares, chapas de aço com recortes, pistões hidráulicos e suportes adaptados pela estrutura para receber componentes elétricos eletrônicos, hidráulicos e outros, *citado por* Fernando Michelin Marques, Renan Vieira, Daniel Fritzen, Edevaldo da Silva, Alexandre Rocha (2016) a partir da idealização foi utilizado algumas das diversas ferramentas para modelagem de peças 3D em SolidWorks2018, envolvendo resalto corte extrusão onde inicialmente escolhemos os planos a serem trabalhados frontal, direito ou superior, para que em seguida criar um esboço apenas em linhas e então aplicar a extrusão, dando forma ao objeto que se deseja criar como pode ser visto o conjunto modelado na figura 07.

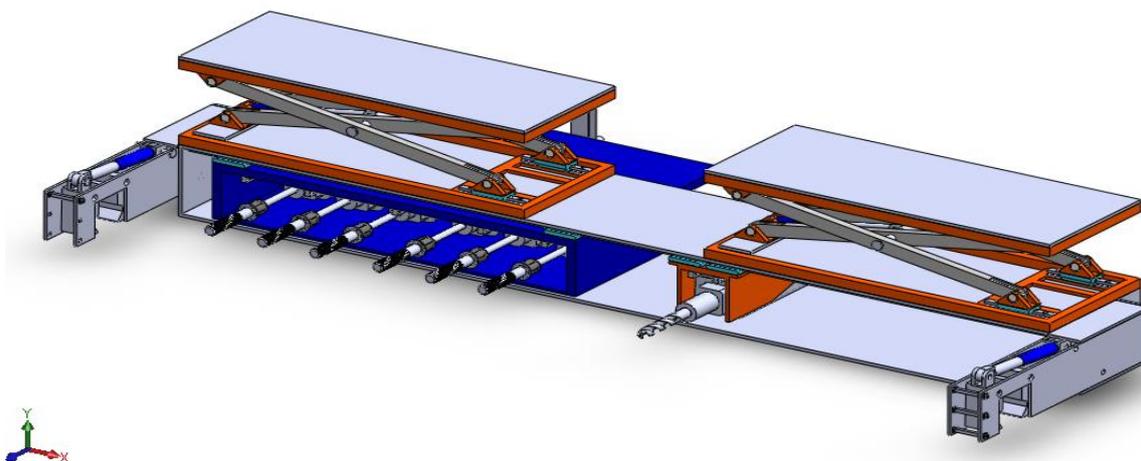


Figura 07: Conjunto de parafusadeira e furadeira do equipamento
Fonte: Simulação software SolidWorks, autores (2020)

Com a estrutura e todos componentes do equipamento construídos e salvos em arquivos gerados pelo próprio software, entra se na fase de montagem das partes construídas do equipamento. Nessa etapa deve se construir um novo arquivo juntando tudo que foi projetado através do software em um único conjunto de peças denominado montagem, onde cada peça é posicionada em seu devido lugar pré-definido, utilizando ferramentas específicas para a junção de cada peça. Essa fase é concluída quando todas as peças estiverem posicionadas corretamente na montagem de acordo com o conceito e o projeto das peças, tendo então o equipamento. É normal

que depois de pronta a montagem aplica se a ferramenta de explosão como mostrado na figura 08, para que a fase de detalhamento no arquivo 2D, se torne mais visível facilitando a visualização de cada componente do equipamento

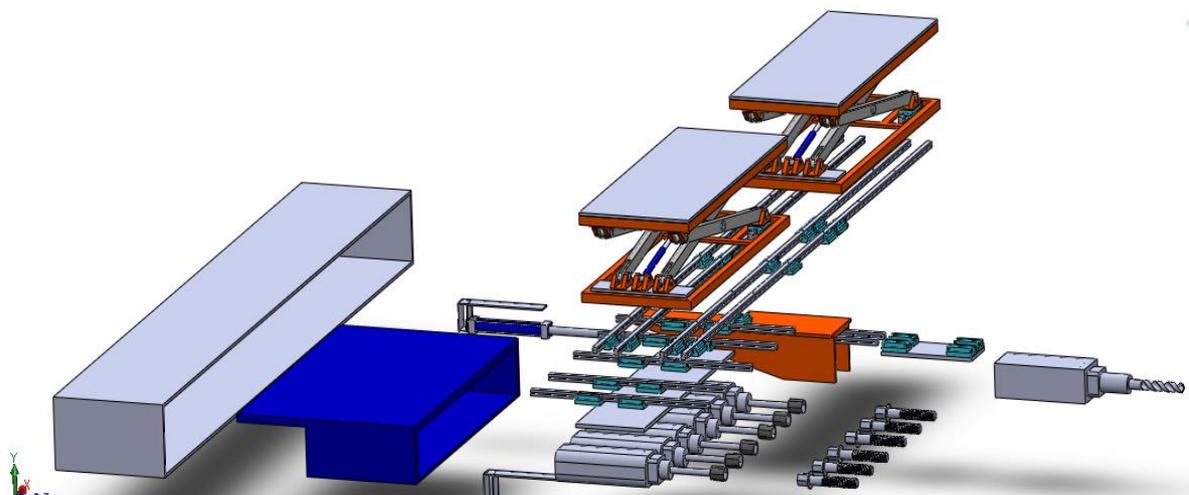


Figura 08: Conjunto de parafusadeira e furadeira do equipamento explodido

Fonte: Simulação software SolidWorks, autores (2020)

3.2- Controle de acionamento

Palmieri, A. C. (1997), ensina que a hidráulica é uma ciência baseada nas características físicas dos fluidos em escoamento e sob pressão. O conceito de hidráulica utiliza o fluido para transmitir potência de um local para outro.

O equipamento utilizará os conceitos de óleo-hidráulica para transmitir potência aos cilindros que serão responsáveis pelos movimentos para o atendimento a fratura, sendo utilizados, dois cilindros para auxiliar na ancoragem do equipamento, seis cilindros que transportará e aplicará a tala de junção na alma do trilho e sete cilindros que serão responsáveis pelo posicionamento e alinhamento dos equipamentos de furação e parafusação. Os cilindros serão controlados por válvulas direcionais de 4/3 vias, com acionamento por solenoide, válvulas estas que são acionadas através de pulso elétrico.

A figura 09 ilustra a simulação do circuito hidráulico, que será composto por uma unidade hidráulica juntamente com um reservatório de óleo com capacidade de 113 litros, dois filtros de óleo para a filtragem na entrada e saída do reservatório, 8 válvulas controladoras de pressão para controlar a pressão em cada conjunto de ações, 8 válvulas direcionais 4/3 vias com acionamento solenoide que receberão comandos elétricos para liberação e interrupção do fluido, 15 válvulas estranguladoras para

controle de velocidade e medidores de pressão nas saídas para monitoramento de pressão.

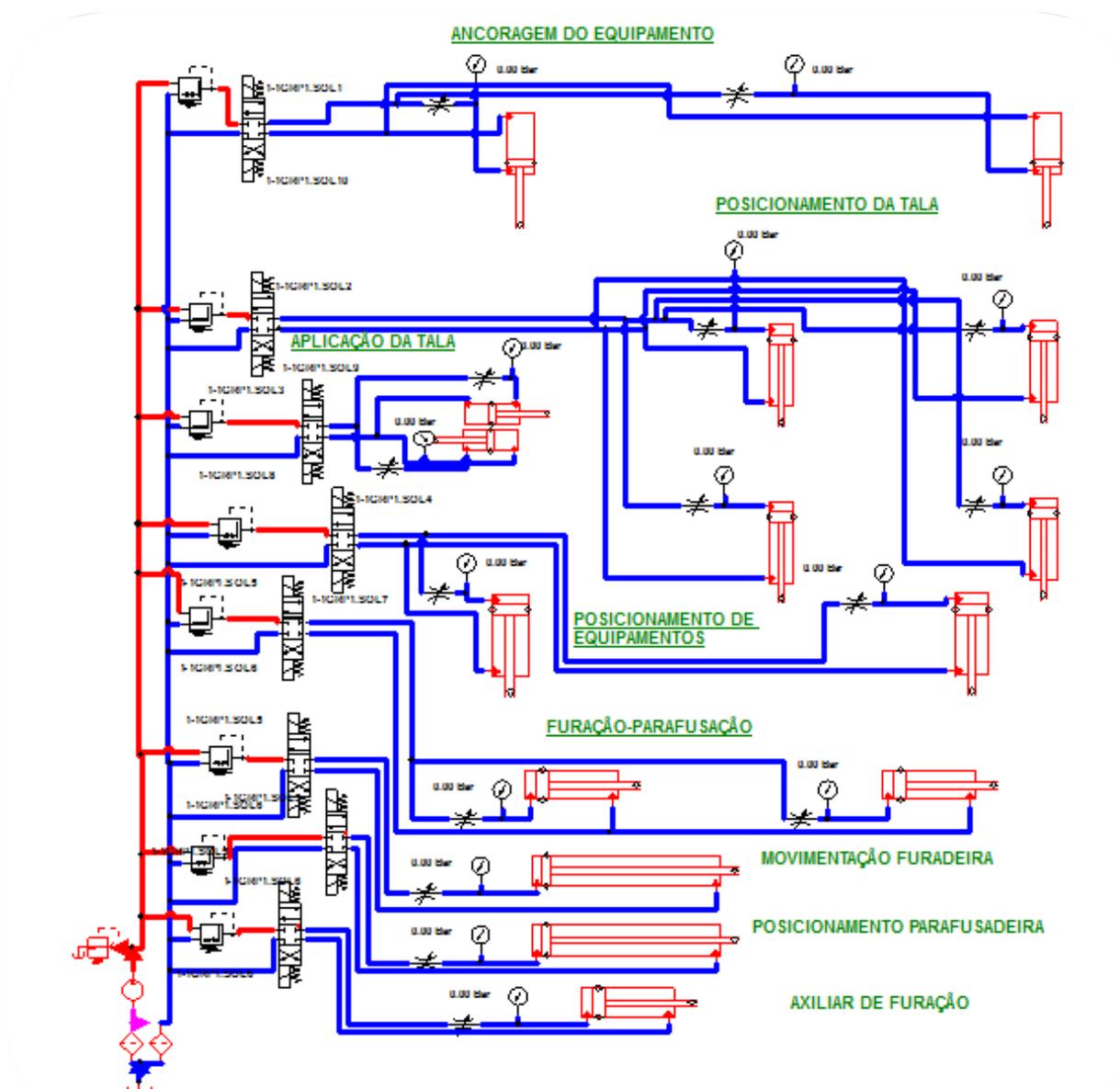


Figura 09: Circuito Hidráulico

Fonte: Simulação software Automation Studio, autores (2020)

Para o dimensionamento dos cilindros foi utilizado um padrão do fabricante Parker Hannifin, 2017, sendo possível calcular definindo da pressão de trabalho, o diâmetro da camisa juntamente com o diâmetro da haste. Conforme a figura 10 é possível determinar o cilindro através da força de avanço necessária, ou também utilizando a fórmula (1.1).

$$P = \frac{F(N)}{A(m^2)} \quad (1.1)$$

Diâmetro do Cilindro mm (pol)	Área do Pistão cm ²	Força de Avanço em Newtons e Libra-força a Várias Pressões														Desloc. p/ 10 mm de curso ml
		5 bar N	10 bar N	25 bar N	70 bar N	100 bar N	140 bar N	210 bar N	80 psi lbf	100 psi lbf	250 psi lbf	1000 psi lbf	1500 psi lbf	2000 psi lbf	3000 psi lbf	
38,1 (1 1/2")	11,4	570	1140	2850	8000	11400	16000	24000	142	177	443	1770	2651	3540	5310	11,4
50,8 (2")	20,2	1000	2000	5050	14100	20200	28300	42500	251	314	785	3140	4713	6280	9420	20,2
63,5 (2 1/2")	31,7	1580	3150	7900	22200	31700	44400	66600	393	491	1228	4910	7364	9820	14730	31,7
82,6 (3 1/4")	53,6	2680	5350	13400	37500	53500	75000	112500	664	830	2075	8300	12450	16600	24900	53,5
101,6 (4")	81,1	4050	8100	20250	56800	81100	113500	170000	1006	1257	3143	12570	18856	25140	37710	81,1
127,0 (5")	126,7	6350	12700	31600	88500	126700	177000	266000	1571	1964	4910	19640	29460	39280	58920	126,7
152,4 (6")	182,4	9100	18250	45500	127800	182500	255000	383000	2262	2827	7068	28270	42405	56540	84810	182,4

Figura 10: Força de avanço dos cilindros

Fonte: Catálogo Parker Hannifin (2017)

Diâmetro do Cilindro mm (pol)	Área da Haste do Pistão cm ²	Valor de Redução em Newtons e Libra-força a Várias Pressões														Desloc. p/ 10 mm de curso ml
		5 bar N	10 bar N	25 bar N	70 bar N	100 bar N	140 bar N	210 bar N	80 psi lbf	100 psi lbf	250 psi lbf	1000 psi lbf	1500 psi lbf	2000 psi lbf	3000 psi lbf	
15,9 (5/8")	2,0	100	200	500	1400	2000	2800	4200	25	31	77	307	461	614	921	2,0
25,4 (1")	5,0	250	500	1250	3500	5000	7000	10500	65	79	196	785	1177	1570	2355	5,0
34,9 (1 3/8")	9,6	480	960	2400	6750	9600	13450	20200	119	149	373	1490	2235	2980	4470	9,7
44,5 (1 3/4")	15,6	780	1560	3900	10900	15600	21900	32800	193	241	603	2410	3615	4820	7230	15,6
50,8 (2")	20,2	1000	2000	5050	14100	20200	28300	42500	251	314	785	3140	4713	6280	9420	20,2
63,5 (2 1/2")	31,7	1580	3150	7900	22200	31700	44400	66600	393	491	1228	4910	7365	9820	14730	31,7
76,2 (3")	45,6	2300	4600	11400	32000	45600	63800	95800	566	707	1767	7070	10605	14140	21210	45,6
101,6 (4")	81,1	4050	8100	20250	56800	81100	113500	171000	1006	1257	3143	12570	18855	25140	37710	81,1

Figura 11: Volume de fluido deslocado no retorno

Fonte: Catálogo Parker Hannifin (2017)

Encontrando a força de avanço será necessário encontrar também a força de retorno do cilindro, onde utilizando a fórmula (1.2), será subtraída valor de redução padronizado na figura 11 pela força de avanço.

$$F_{\text{retorno}} = F_{\text{avanço}} - V_{\text{redução}} \quad (1.2)$$

O quadro 01 especifica as características dos cilindros de acordo com os cálculos de dimensionamento para carga exercida em cada movimento.

Nº	Pistões	Quant.	F. retorno (Kg)	D.(MM)	H.(MM)	Curso(MM)
1	Ancoragem veículo	2	750	50,8	34,9	400
2	Posicionamento talas	4	750	50,8	34,9	500
3	Prensagem talas	2	458	38,1	25,4	200
4	Elevação EPPs	2	1152	63,5	44,5	400
5	Posicionamento EPPs	2	1152	63,5	44,5	400
6	Auxiliar furadeira	1	458	38,1	25,4	200
7	Auxiliar torqueadeira	1	458	38,1	25,4	200
8	Movimentação EPPs	1	750	50,8	34,9	1000

Quadro 01: Dimensionamento de cilindros hidráulicos

Fonte: Autores (2020)

3.3- Controle lógico

O controle lógico do equipamento deverá seguir uma cadeia de processos para realizar o atendimento a fratura, conforme ilustrado no diagrama da figura 12.

Cadeira de processos de controle do equipamento

Marcelo Augusto | November 11, 2020

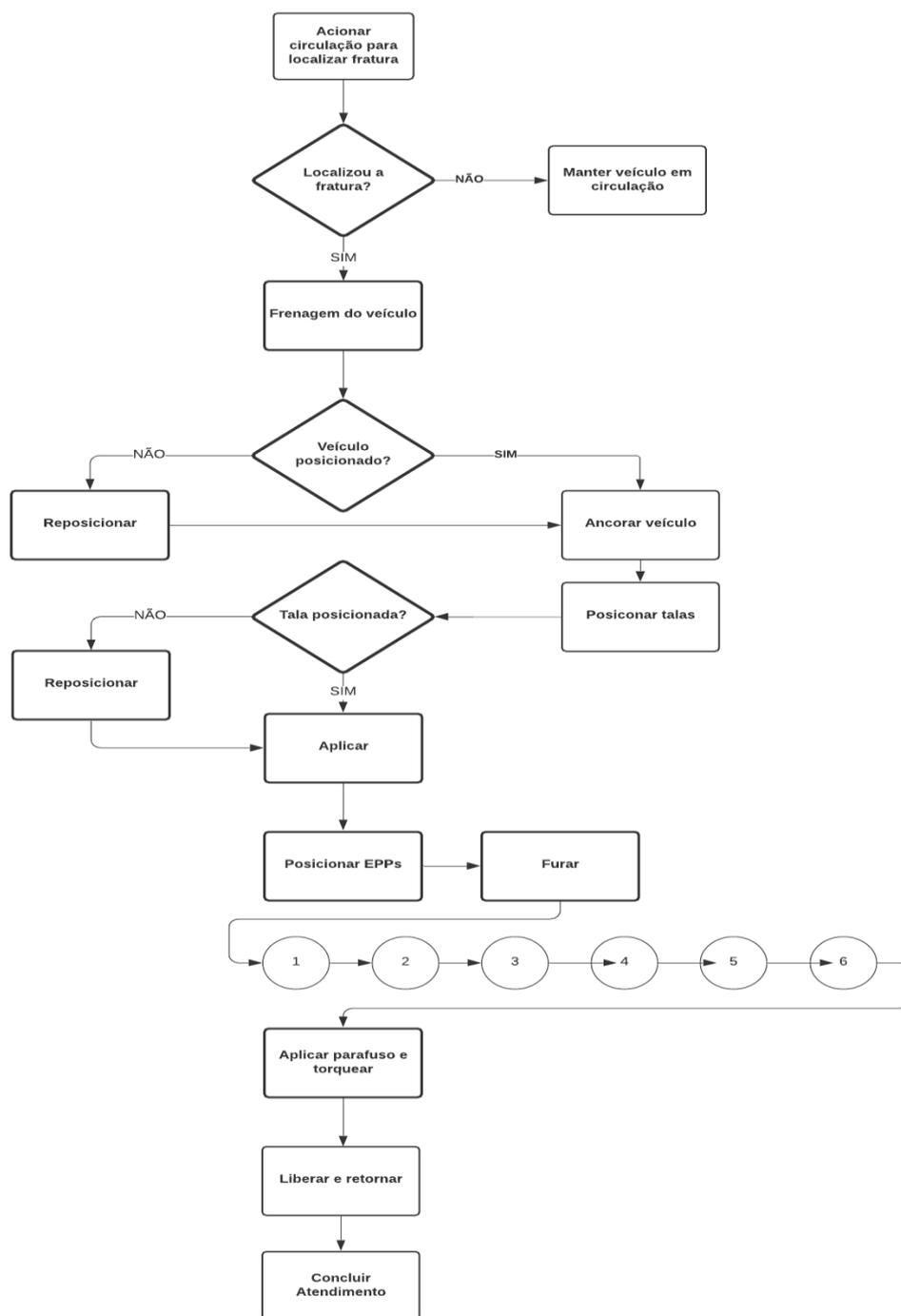


Figura 12: Cadeira de processos de controle do equipamento

Fonte: Autores (2020)

Os Controladores lógicos programáveis (CLP), tem papel de destaque em sistemas de automação, podendo ter programas desenvolvidos com diferentes linguagens. Uma das mais comuns é a *Ladder* com origem norte americana, que é

uma linguagem semelhante a lógica dos relés (TOMAS, 2012 *citado por* ANDRADE, 2013). A figura 13 mostra a lista de comandos em *Ladder* do equipamento.

Para que seja possível o controle de todos os movimentos do equipamento, optou-se por utilizar um CLP, que irá atuar enviando sinais através de pulso elétrico para as válvulas solenoides.

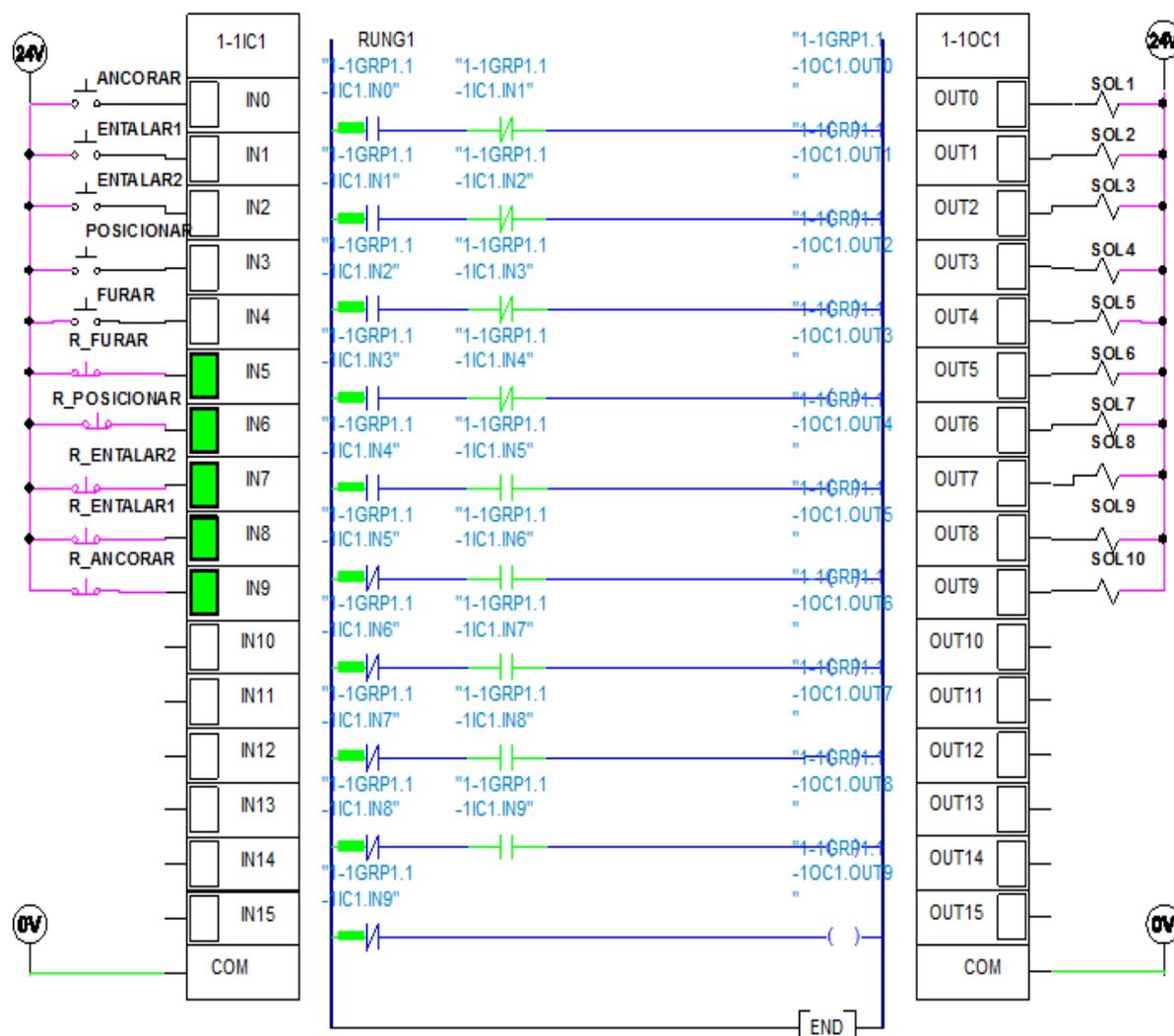


Figura 13: Programação de acionamentos em Ladder

Fonte: Simulação software Automation Studio, autores (2020)

Os cilindros posicionados precisamente para o curso de cada movimentos, e utilizando o patim do trilho como referência, irá garantir a precisão e eficiência da atividade, sendo necessária uma programação para avanço e recuo dos cilindros de forma ordenada.

A programação ilustrada na figura 13 é composta por alimentadores que serão responsáveis por energizar o circuito, interruptores que serão acionados pelo operador de forma remota, placa de entrada contendo as portas IN que receberão os

comandos de abertura e fechamento através do acionamento dos interruptores, a placa de saída contendo as portas OUT serão responsáveis por controlar o circuito hidráulico. Na programação estão inseridos os contatos abertos (NA) e os fechados (NC) que serão responsáveis por energizar e desenergizar as bobinas, que quando energizadas enviará corrente para a solenoide, ativando a mesma através da saída OUT, liberando então o fluído e movimentando o curso do cilindro hidráulico.

A programação em normalmente fechado (NC) terá função de reset em caso de perda de energia, fazendo com que o equipamento aborte a missão se desconectando dos trilhos e posteriormente retornando ao local de partida.

3.4- Comunicação

Conforme ilustrado na figura 14, o operador irá enviar os comandos de forma remota para o veículo, utilizando um tablet somado com componentes embarcados para interface entre o operador e o CLP, através de câmeras embarcadas terá visão em tempo real do local e ta atividade de aplicação das talas.

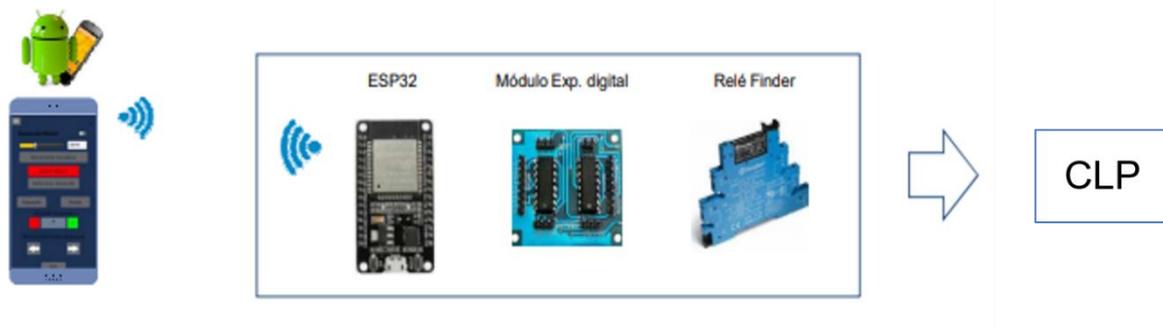


Figura 14: Método de comunicação
Fonte: Autores (2020)

Thiemann (2020), cita o ESP32 como um microcontrolador que pode ser utilizado para fazer a comunicação dos processos para o atendimento a fratura. Utilizando um modem 4g com roteador WIFI embutido para obter a conexão com a internet.

Gomes (2012), citado por Rodrigues (2016), cita a internet 4G no Brasil, que utiliza a tecnologia LTE para garantir o acesso a internet em qualquer lugar do território brasileiro onde não a acesso via cabo, incluindo áreas rurais segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel).

Por meio de contrato com uma operadora, será ampliado o sinal de cobertura 4G na região da ZAS, garantindo assim a comunicação remota entre o operador e o equipamento.

4- Metodologia

O equipamento desenvolvido deverá se deslocar sobre os trilhos ferroviários até o local da fratura para fazer o atendimento no trilho partido, aplicando o par de talas na fratura iberando então o tráfego de trens na região que é responsável por transportar grande volume de minério de ferro diariamente, aproximadamente 30% da receita da MRS logística e vem desse trecho que passa por Itabirito Minas Gerais próximo as barragens da VALE Forquilhas I,II e III

As etapas desta pesquisa compreendem: revisão bibliográfica sobre o assunto, simulação do equipamento em modelo 3D e pesquisa de campo. Com a revisão bibliográfica será buscado aprofundar o conhecimento sobre a real situação das barragens, curso de escoamento do rejeito, métodos hidráulicos, automação e controle, sistemas de acionamentos elétricos, eletrônica, sistemas de tração, telecomunicação, transmissão de imagens e dispositivos de segurança.

A simulação de movimentos feita no Software Solidworks analisará o funcionamento ilustrado do equipamento e curvas de carga. E, através do Software Automation Studio será feito dimensionamento de componentes hidráulicos e programação do controlador lógico programável (CLP).

5- Resultados e Discussões

5.1- Análise Técnica e Discussões

O projeto em questão se iniciou com o objetivo de atender uma fratura aplicando um par de talas, garantindo a segurança para a circulação dos trens. Foram apresentados dois métodos de aplicação de talas como ilustrado na figura 15, onde o método número 1 utiliza solda Mig para fixação das talas de junções na alma do trilho e no método número 2 as talas são fixadas através de parafusos e porcas.

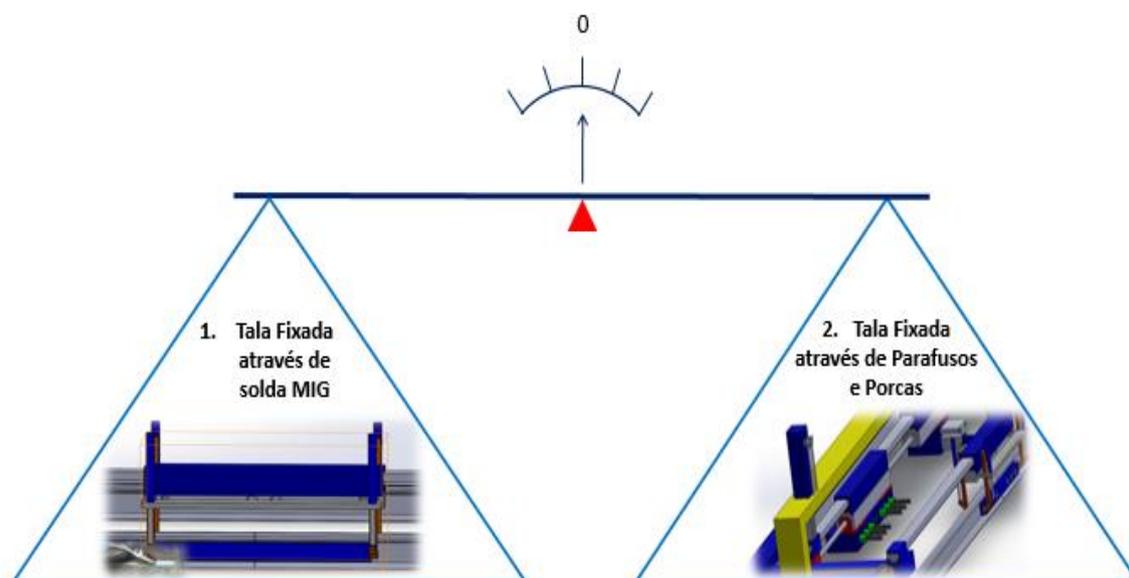


Figura 15: Comparativo dos métodos estudados
Fonte: Autores (2020)

A partir dos métodos apresentados foi realizada uma análise para definição de qual seria o mais indicado para realizar o atendimento, foi discutido os pontos positivos e negativos de cada método conforme demonstrado no quadro 02, sendo P para positivo e N para negativo.

Análise dos métodos apresentados

Método nº 1		Método nº 2	
Automação simples	P	Automação complexa	N
Baixa confiabilidade	N	Alta confiabilidade	P
Comprometimento do Trilho	N	Integridade do Trilho	P
Impossibilidade de manutenção	N	Facilidade de manutenção	P

Quadro 02: Análise dos métodos apresentados
Fonte: Autores (2020)

Após análise foi verificado que o método nº 1 apresentava um alto número de pontos negativos que são de grande impacto na atividade, tais como, os principais baixa confiabilidade uma vez que o processo de soldagem não garante eficácia e impossibilidade de manutenção caso posteriormente ocorra uma fratura na tala. Enquanto para o método nº 2 o único ponto negativo é a complexidade da automação envolvida, mas como compensação apresentaria uma grande eficiência sendo o método padrão de atendimento imediato a fraturas, logo, ficou definido o método nº 2 (Tala Fixada através de parafusos e porcas), como o método a ser adotado para o atendimento a fratura, começando então o desenvolvimento do equipamento.

Esse Projeto é considerado inovador por se tratar de um equipamento ainda não existente no mercado. Barbieri (2007) explica que uma Ação inovadora é aquela que abrange novidades de qualquer natureza, de forma autônoma, intencional, proativa e, desta forma, obtém os resultados desejados.

Por se um equipamento de alta complexidade vem sendo desenvolvido com maior atenção nos detalhes de movimentação antes da sua construção física, pois envolve muitos componentes de valores financeiros relevantes, com muitas peças usinadas sob medida, então através de simulações com o software solidWorks é feito estudo de movimento do equipamento de forma sucinta a identificar interferência entre componentes do equipamento, com o uso de uma ferramenta de detecção de interferências dentro do software SolidWorks, que permite avaliar quando uma peça em movimento vai ter algum tipo de contato com outra peça, nos possibilitando então fazer as alterações necessárias antes de sua usinagem ou montagem. Apesar do equipamento ainda não ter sido construído fisicamente os resultados através do software são confiáveis por se tratar de uma ferramenta utilizada por grandes empresas desenvolvedoras de tecnologia 3D,

Uma sequência de testes foi realizada considerando possíveis situações de irregularidade nos elementos fixação em especial tirefonds podendo comprometer a operação de fixação de talas, então um estudo considerando esse tirefonds soltos estando em três alturas possíveis foi estudado para analisar possível interferência entre tirefonds e o equipamento.

Elementos de Fixação ferroviário para trilho: segundo Júlio Cezar Oliveira 2018 fixadores e um conjunto de acessórios utilizado com outros elementos, para fazer a fixação dos trilhos aos dormentes. São acessórios indispensáveis para que os trilhos sejam mantidos na posição desejada.

Estes podem ser classificados em duas categorias, os fixadores elásticos e os fixadores rígidos, conforme definição dada pela Vale (2009), Elementos de fixação elástica: São elementos com finalidade de manter a pressão de contato ao trilho constante, mantendo a sua fixação. São componentes de sistemas de fixação elástica: • Placas de apoio • Placa de ângulo (Sistema Vossloh para dormente de concreto) • Tirefonds • Arruelas duplas de pressão • Grampos

Estudo 1 – ampliação de talas em condições normais de fixação dos tirefond, dentro do escopo da engenharia de via permanente da empresa MRS Logística.

Tirefond em seu local em condições ideais de aperto sem nenhuma alteração em sua altura devido a folgas na fixação

O equipamento consegue fazer todos os movimentos sem nenhuma interferência com a broca e ou outros componentes do equipamento , tendo grande margem de segurança para a aplicação das talas na fratura. Visando segurança e velocidade no processo já que não é necessário reposicionamento do equipamento na figura 16 é possível observar a broca posicionada para fazer a perfuração

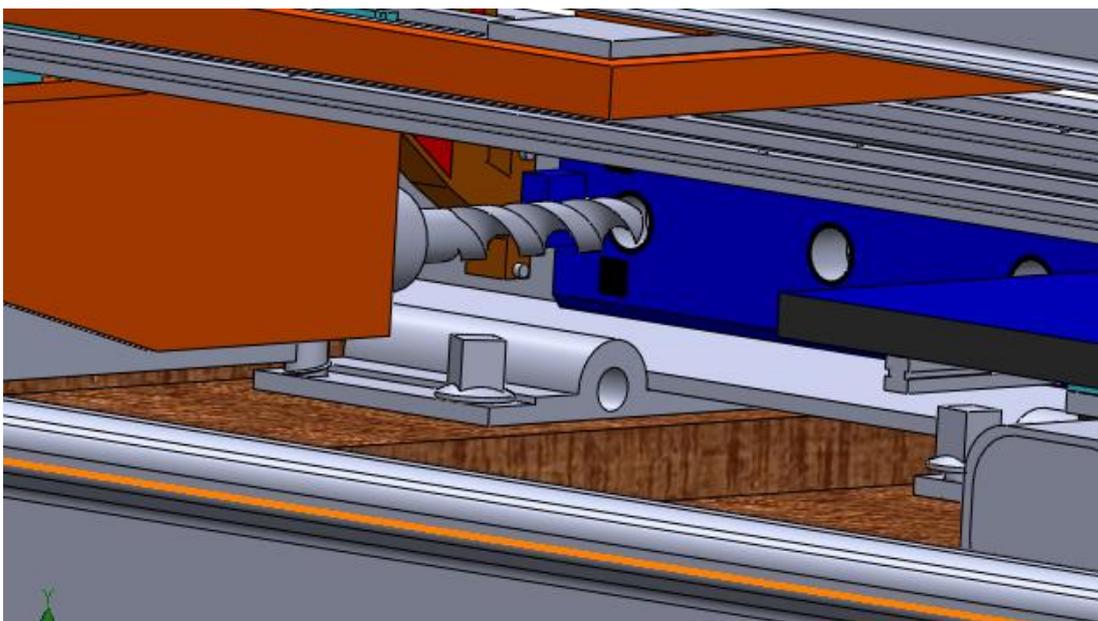


Figura 16: tirefond em condições normais de fixação
Fonte: Simulação software SolidWorks, autores (2020)

Estudo 2- aplicação de talas com condições fora do padrão de fixação dos tirefond, podendo haver contato com outros componentes , tirefond 30 mm mais alto que o padrão, o equipamento consegue aplicar o par de talas com uma margem de segurança menor mais ainda e possível realizar a operação com sucesso, verificando que mesmo com desconformidades do local que será feito a manutenção ainda e possível seguir sem nenhuma interferência na operação como é ilustrado na figura 17

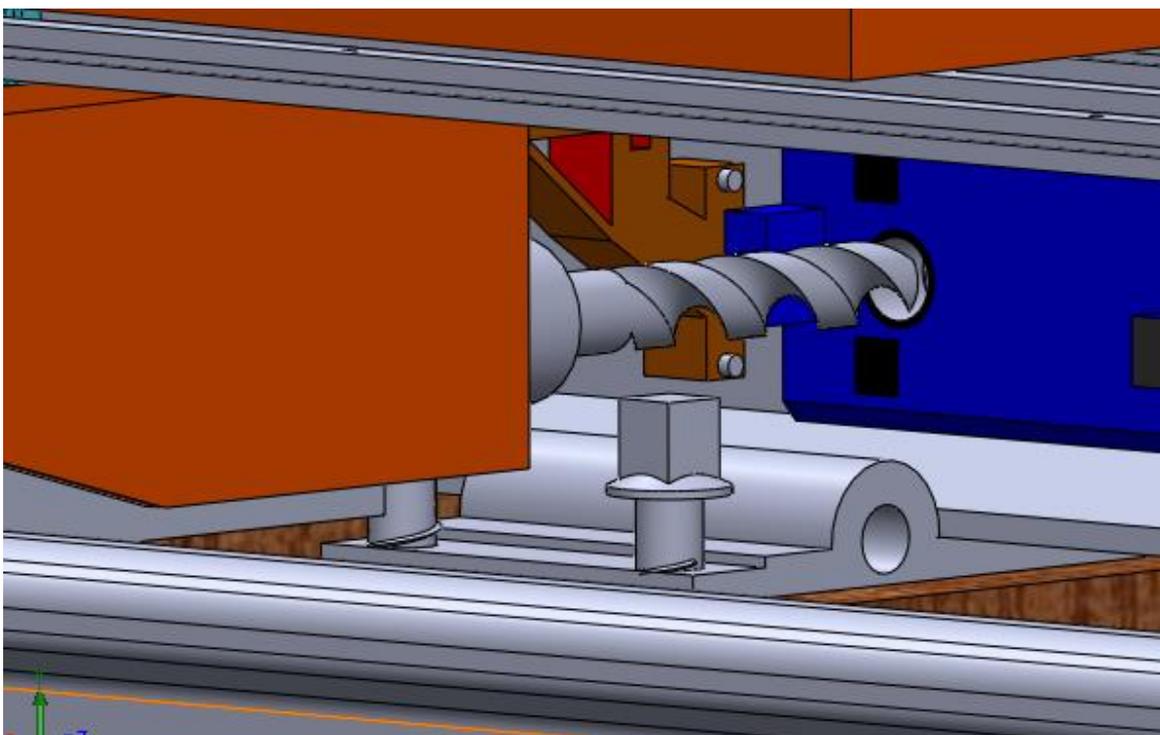


Figura 17: tirefond em condições anormais de fixação com 30mm mais alto fora do padrão
Fonte: Simulação software SolidWorks, autores (2020)

Estudo 3 – aplicação do par de talas com condições fora do padrão de fixação dos tirefond com 60mm mais alto que o padrão, a partir desta altura o equipamento já encontra dificuldades para o momento de furação, e aplicação de parafusos uma vês que o tirefond vais estar na altura de furação do trilho impedindo que a broca avance para fazer a perfuração, fazendo com que haja um reposicionamento do equipamento para que não haja intersecção entre a Broca e o tirefond, ocasionando em uma ação com uma chance de erro mais elevada como é ilustrado na figura 18

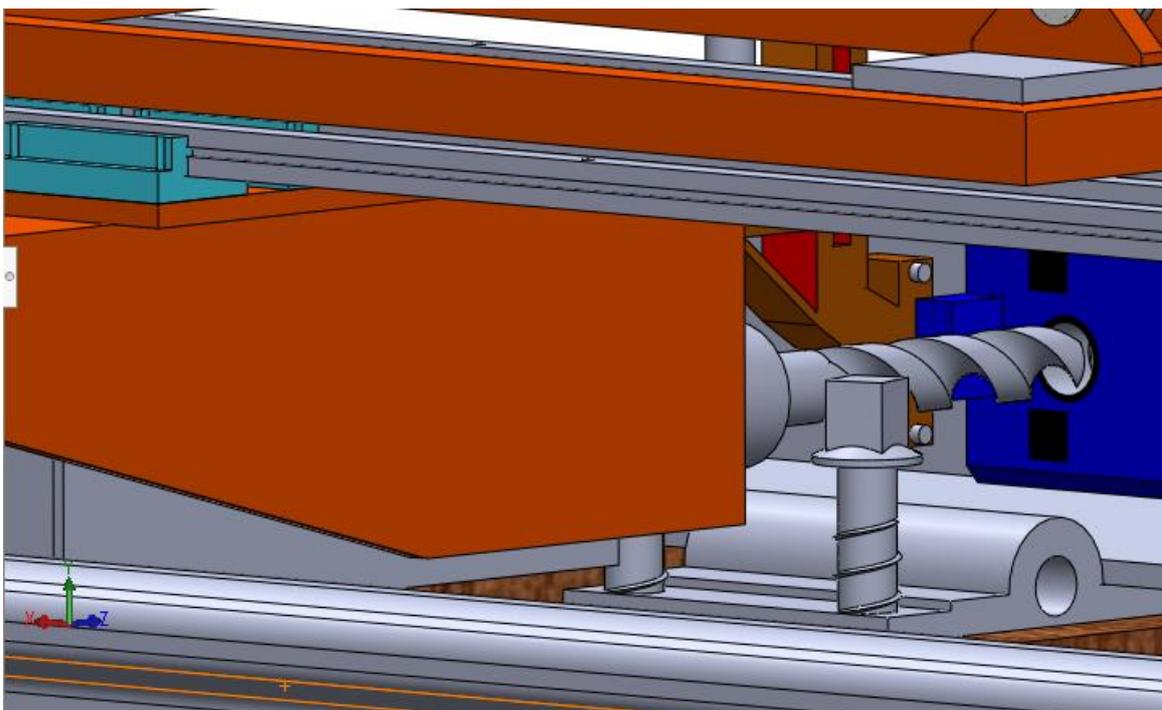


Figura 18: tirefon em condições anormais de fixação com 60mm mais alto fora do padrão
Fonte: Simulação software SolidWorks, autores (2020)

As principais diferenças do estudo realizado com os tirefonds é a variação na sua altura com sua posição ideal e com 30 e 60mm a cima do padrão em relação a dormente de madeira, essas variações é ocasionada pelas vibrações causadas pelo tráfego de trens e vagões e o desgaste natural dos dormentes fazendo esses tirefonds se soltarem. E com a variação dos mesmos torna-se um obstáculo para realizar a manutenção tendo que reposicionar o equipamento.

Oliveira, F. P. (2016), descreve os sistemas hidráulicos como os grandes aliados na criação de equipamentos que necessitam de força e precisão para executar determinadas tarefas. Com isso o equipamento em questão foi desenvolvido utilizando a hidráulica como principal meio de acionamento para os movimentos de aplicação das talas de junções.

5.2- Análise Financeira

Após o desenvolvimento do projeto foi realizado uma previa de orçamento baseado em valores de mercado para cada etapa do equipamento. No gráfico 02 é possível visualizar o percentual de investimento de cada área para desenvolvimento do equipamento.

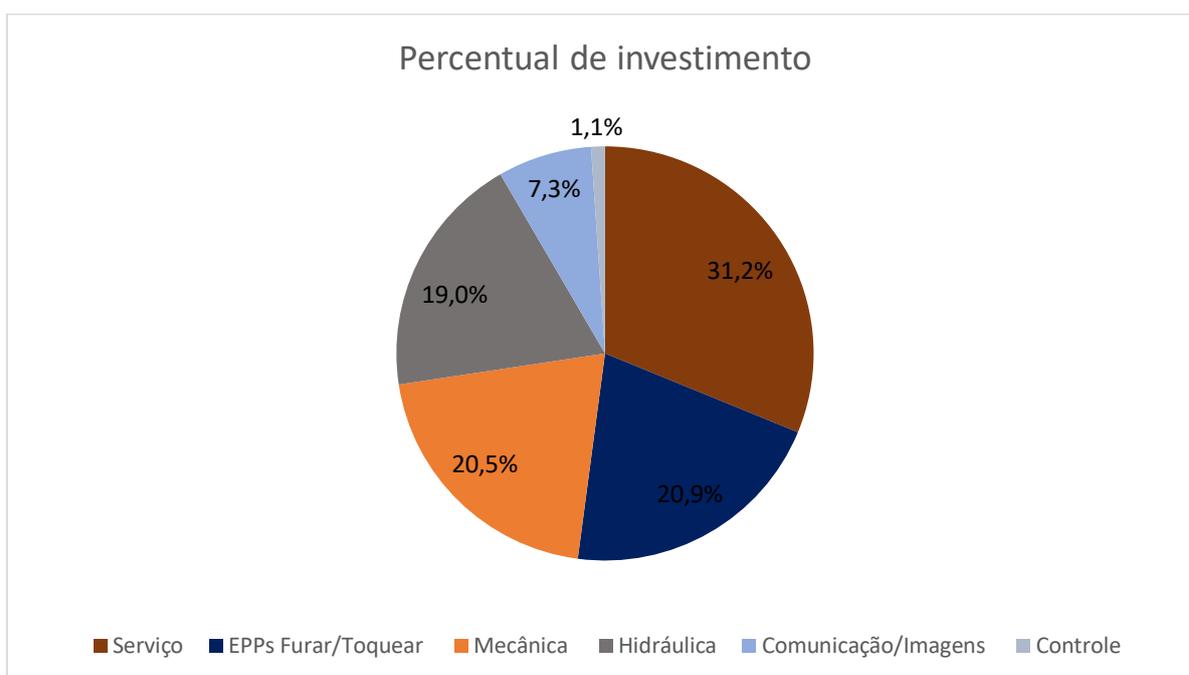


Gráfico 02: Percentual de investimento por área

Fonte: Autores (2020)

O projeto em questão se trata de um equipamento de alta complexidade, até então inexistente no mercado brasileiro e internacional, para desenvolvimento do mesmo a empresa MRS Logística irá investir quinhentos e sessenta mil reais incluindo componentes, peças, equipamentos e mão de obra qualificada para montagem. O quadro 03 mostra os valores aproximados de investimento em cada área do projeto.

Investimento por áreas

Área	Valor (R\$)
Mão de obra/Serviço	175.000,00
EPPs Furar/Torque	117.000,00
Mecânica	115.000,00
Hidráulica	106.715,00
Comunicação/Imagens	40.880,00
Controle	6.020,00

Quadro 03: Investimento por áreas

Fonte: Autores (2020)

6- Considerações Finais

Iniciou se esse trabalho com o objetivo de desenvolver um equipamento para fazer manutenção em uma fratura de trilho em um local interditado a entrada de pessoas, por conta das barragens em nível 2 de segurança alarmadas, e não podendo acessar esse local para a fazer manutenção da linha ferroviária, teve o início do desenvolvimento de um projeto para atender trilho partido, aplicando nele um par de talas de forma remota

Tendo uma condição onde foi testada e simulada a manutenção de trilho de forma remota através de um software (SolidWorks), e verificou-se a eficiência e precisão do protótipo ao executar o trabalho, o tornando apto a ser usinado e confeccionado para a entrar em atividade.

A pesquisa partiu de uma necessidade na qual, a empresa MRS logística, necessita passar por essa região com uma grande quantidade de carga de minério de ferro diariamente que corresponde aproximadamente a 30% de toda sua receita.

Por se tratar de um equipamento novo, todos as peças e componentes com acionamentos foram projetados individualmente para serem usinados e modelados.

Com um custo médio para construção de 560 Mil reais, um valor relativamente baixo se comparado a produção diária desse trecho que é em torno de 2,1 milhões de reais. o ganho esperado é de uma economia de aproximadamente 21,3 milhões de reais, se comparar o atendimento do equipamento de alto atendimento remoto a fraturas de trilho que leva aproximadamente 3:00 horas em um atendimento, e o método convencional que e feito hoje com helicóptero aguardando de 7 a 10 dias para a liberação junto a CRT

Desta forma este trabalho de conclusão de curso veio demonstrar a evolução deste projeto.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). ANM. *Segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes*. Nota explicativa, Ministério de Minas e Energia, 15 fev. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/@@search?SearchableText=seguran%C3%A7a+de+barragens+focada+nas+barragens+constru%C3%ADdas+ou+alteadas+pelo+m%C3%A9todo+a+montante%2C+a+l%C3%A9m+de+outras+especificidades+referentes>. Acesso em: 6 mar. 2020.

ALMEIDA, André de Queiroz Henriques; DIAS, Francisco Saraiva. *A importância do esmerilhamento na manutenção de vias férreas*. Monografia de conclusão de curso, Portal do IDUFF, p. 39-40, 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/8653/1/tcc-Andre%20Almeida-Francisco%20Dias-SEM%20assinaturas.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2020.

ANDRADE, Willian Jeferson. *Aplicação industrial de controladores lógicos programáveis, interface homem máquina e computadores industriais Bosch Rexroth*. Trabalho de conclusão de curso de especialização, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 23-70, 23 out. 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2409/1/CT_CEAUT_IV_2014_12.pdf. Acesso em: 11 set. 2020.

ASSIS, Renato Moreira. *Estudo de Fratura em trilhos com origem no patim na Ferrovia do Aço*. Monografia, Instituto Militar de Engenharia, 23 jun. 2010. Disponível em: <http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON124.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2020.

CAVALHEIRO, PAULA MATTOS. *Processo de análise de falhas aplicado à ferrovia. Análise de falhas*, UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2019. Disponível em: https://www.ufjf.br/mecanica/files/2014/09/UFJF_2018_TCC_Paula-Mattos-Cavalheiro.pdf. Acesso em: 3 nov. 2020.

DNIT (Brasil). Diretoria de infraestrutura ferroviária. *Procedimentos de inspeção de materiais - PIMs: PIM 02 - Tala de junção para trilhos. Procedimentos para inspeção*, Brasil, p. 06-13, 7 abr. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/procedimentos-para-inspecao/pim-002-tala-de-juncao.pdf/@@download/file/pim-002-tala-de-juncao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

JUNIOR, Humberto Santana. *Transporte Ferroviário no Desenvolvimento do Brasil. Os corredores ferroviários bioceânicos*, Universidade de Brasília, p. 02-08, 2013. Disponível em: https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/8198/1/2013_HumbertoSantanaJunior.pdf. Acesso em: 9 nov. 2020.

MARQUES, Fernando Michelin; VIEIRA, Renan; FRITZEN, Daniel; DA SILVA, Edevaldo; ROCHA, Alexandre. *Desenvolvimento do projeto mecânico de uma máquina para teste de torção em eixos*. Caso prático, Revista Ciência e Tecnologia, p. 02-09, 2016. Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/522>. Acesso em: 4 nov. 2020

OLIVEIRA, JÚLIO CÉZAR. *Estrutura de via permanente ferroviária e suas patologias*. ESTRUTURA DE VIA PERMANENTE, UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2018. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5372/J%C3%BAlcio%20C%C3%A9zar%20Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 set. 2020.

PALMIERI, Antonio Carlos. *Manual da Hidráulica Básica*. Albarua Sistemas Hidráulicos Ltda, Albarus, 1 fev. 1997. Disponível em: <https://document.onl/documents/manual-de-hidraulica-basica-eng-antonio-carlos-palmieri.html>. Acesso em: 6 mar. 2020.

PARKER HANNIFIN (Brasil). *Catálogo Cilindros Hidráulicos*. Catálogos Parker, Portal Parker, 2017. Disponível em: https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/hy_2017_br.pdf. Acesso em: 6 mar. 2020.

PEDRONI, PATRICK GUEDES *et al.* *Análise de falhas das fraturas de trilhos: o caso da Ferrovia do Açúcar*. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, p. 19-63, 14 mar. 2019. Disponível em: <http://transportes.ime.br/etfc/monografias/MON034.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2020.

PIN, Gabriel Grillo; SILVA, Givanildo Barboza; MONTEIRO, Igor; SILVA, Maria Clara Da Costa; JR, Jurandir Scandian. *Utilização da malha ferroviária no estado do Espírito Santo e as situações de seguridades vividas no estado. Utilização da malha ferroviária no estado do Espírito Santo*, [s. l.], p. 01-05, 2018. Disponível em: <http://www.faccaci.edu.br/arquivos/tcc-2018/LOGISTICA-FERROVIARIA.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

RODRIGUES, Ricardo Batista. *Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação. Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação*, Universidade Federal de Santa Maria, p. 38-39, 1 dez. 2018. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/arte_tecnologias_informacao_comunicacao.pdf. Acesso em: 28 ago. 2020.

REVISTA DE GESTÃO E PROJETOS - GEP. *Comitê Científico Interinstitucional. Gestão de projetos sustentáveis e inovadores: um estudo bibliométrico*. Estudo bibliométrico, Revista de Gestão e Projetos - GeP, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/gep/article/download/9674/4419>. Acesso em: 18 nov. 2020.

THIEMANN, Guilherme. *Sistema supervisor de infraestrutura hospitalar*. Repositório de Outras Coleções Abertas (ROCA), ROCA, 20 fev. 2020. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16139/1/CT_CEIOT_II_2019_06.pdf. Acesso em: 30 out. 2020.

