

PORTFOLIO DETALHADO



HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

Belo Horizonte - MG



HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

POLÍTICA DE QUALIDADE

- Fornecer serviços de engenharia com excelência, atendendo aos requisitos aplicáveis e em constante evolução do sistema de gestão da qualidade, em busca de se tornar referência técnica no mercado;

MISSÃO

- Garantir a segurança, confiabilidade e disponibilidade dos ativos dos nossos clientes;
- Atender de forma personalizada em busca da solução multidisciplinar e otimizada para os problemas dos nossos clientes e parceiros;

VISÃO

- Ser reconhecida por nossos parceiros como a empresa referência em excelência técnica e atendimento;

VALORES

- Soluções tecnicamente embasadas e responsáveis;
- Assistência pessoal, direta e dedicada aos clientes;
- Transparência e honestidade;
- Capacitação e retenção de talentos.

ÍNDICE:

1.0	APRESENTAÇÃO – HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.....	5
1.1	Histórico	5
1.2	Sistema de gestão da qualidade – ISO 9001.....	6
1.3	Clientes	7
2.0	EQUIPE TÉCNICA.....	8
2.1	Renê Ferreira de Andrade	8
2.2	Diego Correia Martins.....	9
2.3	Hugo Gatti Ladeia Costa	10
2.4	Ronaldo Lelis Santos	11
2.5	Quadro de referências técnicas.....	12
3.0	ESTUDO DE CASOS – HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	14
3.1	Máquinas de porto	14
3.1.1	Descarregador de Navios.....	14
3.1.2	Descarregador de Navios.....	16
3.1.3	Carregador de Navios	17
3.2	Máquinas de pátio	19
3.2.1	Empilhadeira	19
3.2.2	Empilhadeira	21
3.2.3	Empilhadeira/Recuperadora	23
3.2.4	Empilhadeira/Recuperadora	25
3.2.5	Recuperadora	27
3.2.6	Recuperadora	28
3.2.7	Virador de Vagões	29
3.3	Estruturas metálicas industriais	31
3.3.1	Transportador de correia curvo	31
3.3.2	Transportador de correia convencional	32
3.3.3	Prédio de processos	33
3.3.4	Píer de estrutura metálica	34
3.3.5	Píer de concreto armado	36
3.4	Equipamentos de mineração	37
3.4.1	Carenagem de carro amostrador	37
3.4.2	Tambor de transportador de correia	38
3.4.3	Cavalete autoalinhante de um transportador de correia.....	39

3.4.4	Levantador de correia para transportadores de correia	40
3.5	Estruturas de segurança.....	41
3.5.1	Gaiola Pneus fora de estrada	41
3.5.2	Linha de vida	42
3.6	Avaliação de estruturas de armazenamento	43
3.6.1	Moega de um descarregador de navios	43
3.6.2	Tanque de armazenamento de 8000 m ³ de água	45
3.7	Construção civil.....	47
3.7.1	Galpões Metálicos.....	47
3.8	Componentes e sistemas mecânicos	50
3.8.1	Sistema de despoeiramento	50
3.9	Análise CFD.....	51
3.9.1	Recuperadora	51
3.10	Análise DEM	53
3.10.1	Chute de Transferência	53
3.11	Redução da emissão de particulados	55
3.11.1	Projeto conceitual para redução da emissão de particulados.....	55
3.12	Modelagem CAD 3D	58
3.12.1	Fixação de painéis fotovoltaicos.....	58
3.12.2	Retenção de material em porto	59
3.12.3	Portaria de Condomínio.....	60
3.12.4	Equipamento de elevação de carga	61

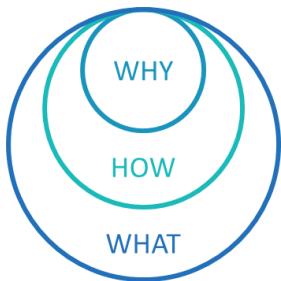
1.0 APRESENTAÇÃO – HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

1.1 HISTÓRICO

A HRD Soluções de Engenharia foi formada em 2018 por engenheiros entusiastas da área de cálculo estrutural e mecânico. Após mais de sete anos trabalhando em conjunto, agregando ambições pessoais e profissionais, os fundadores se uniram em um objetivo comum de criar a HRD.

A competência e responsabilidade técnica de cada um dos sócios é um dos pilares de fundação da empresa.

Acredita-se no auxílio aos clientes para aumentar a confiabilidade e disponibilidade de seus equipamentos e estruturas, aderindo aos critérios normativos e mitigando riscos de incidentes de forma eficiente.



Em um ambiente de trabalho cooperativo, a equipe é formada por engenheiros capacitados e multidisciplinares que trabalham com o auxílio dos softwares e tecnologias mais atuais disponíveis no mercado.

Com foco em consultoria e auditoria de projetos e manutenção de equipamentos e estruturas metálicas para o setor industrial, a HRD fornece soluções com custos acessíveis que possibilitam o aumento de lucratividade dos seus parceiros. Entre os ramos de atuação, destacam-se: Mineração, Portos, Ferrovias e Siderurgia.

Com uma equipe de perfil técnico e dinâmico, a empresa busca atender uma necessidade do mercado em serviços especializados, atuando próximo ao cliente com soluções personalizadas.

Para mais informações da equipe que compõe o corpo técnico, consultar o Item 2.0 deste documento. Para exemplos de serviços realizados, consultar o Item 3.0.

1.2 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE – ISO 9001

A HRD se orgulha profundamente de ser uma empresa certificada ISO 9001 em seu sistema de gestão da qualidade. Tal feito é um indicativo da dedicação e compromisso de todos os colaboradores da empresa com a qualidade.

A todo momento, almejamos tornar a HRD uma referência em excelência técnica no mercado. Seguimos em busca da melhoria contínua de nosso processo, garantindo a segurança e confiabilidade dos ativos dos nossos clientes e parceiros.





✓ Atividade em **05 setores** do mercado

- Mineração – 69%
- Siderurgia – 19%
- Portos – 7%
- Construção civil – 3%
- Movimentação de cargas – 2%

✓ 15000 horas de engenharia executadas em 2019

✓ 25168 horas de engenharia executadas em 2020

✓ 20 ferramentas / softwares de engenharia desenvolvidos

2.0 EQUIPE TÉCNICA

2.1 RENÊE FERREIRA DE ANDRADE

Gerente de engenharia da HRD, responsável pela qualidade técnica dos serviços executados. Ensino superior em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais [UFMG], atua na área de consultoria em equipamentos mecânicos e estruturas metálicas desde 2007. Dentre os principais trabalhos executados podem-se citar:

- Gestor do contrato com a Samarco Ubu [ES], análise estrutural e mecânica das máquinas de pátio e porto.
- Gestão técnica de contrato para análises mecânicas e estruturais de transportadores de correia da mina de Salobo, pertencente à Vale.
- Gestão técnica do contrato para análises das máquinas de pátio e de porto da Planta da Prumo Logística de Porto de Açu, em São João da Barra-RJ.
- Elaboração do projeto de vãos típicos de pontes ferroviárias de 25m e 35m para aplicação no projeto Ramal Ferroviário S11D, da Vale.
- Auditoria dos projetos das pontes ferroviárias dimensionadas para a duplicação da Estrada de Ferro Carajás, no projeto CLN-150 da VALE.
- Coordenação de análise de máquinas e transportadores durante a implantação da mina S11D, pertencente a Vale e situada na Serra dos Carajás-PA.
- Gestão técnica do contrato na Mina de Ferro Carajás da VALE, com análises de máquinas de pátio, transportadores de correia e prédios de processos.
- Gestão técnica do contrato de análises estruturais para a Planta da Vale em São Luis-MA.
- Projeto de uma peneira rotativa [Trommel] para a Planta da Alcoa em Juruti-PA.
- Projeto de transportador móvel para a Planta da Vale na Mina de Ferro Carajás.
- Projeto de uma recuperadora de pórtico para a planta da Vale em São Luis-MA.

2.2 DIEGO CORREIA MARTINS

Gerente comercial da HRD, responsável por vendas e negociações e proposição de novos serviços. Ensino superior em Engenharia Mecânica pela UFMG, com pós-graduação em Engenharia de Materiais e Integridade Estrutural pelo Instituto de Educação Continuada da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais [IEC-PUC Minas] e aperfeiçoamento técnico em Mineração e Processamento Mineral pelo Instituto de Educação Tecnológica [IETEC], atua na área de consultoria em equipamentos mecânicos e estruturas metálicas desde 2010. Dentre os principais trabalhos executados podem-se citar:

- Gestor técnico do contrato de análise estrutural e mecânica das máquinas de pátio da Usiminas na Usina de Ipatinga.
- Desenvolvimento de metodologia e sistema para análise de extensometria em máquinas e equipamentos.
- Gestão técnica do Programa de Conservação das Estruturas da MRN, com análises de máquinas de pátio, transportadores de correia e prédios de processos.
- Acompanhamento do processo de montagem e reparos de equipamentos portuários da MRN.
- Desenvolvimento de estrutura ROPS para caminhões e escavadeiras da mina da MRN em Porto Trombetas, PA.
- Análise de falha do pino do mastro de uma recuperadora de minério da MRN em Porto Trombetas, PA.
- Medições de acelerometria e desenvolvimento de análise dinâmica do peneiramento secundário da MRN em Porto Trombetas, PA.
- Medições de acelerometria e desenvolvimento de análise dinâmica do equipamento de britagem móvel [MSR] da mina do S11D da VALE.
- Análises técnicas desenvolvidas para seguradoras [ACE, Cunningham, Liberty] em sinistros.
- Análises de pontes ferroviárias utilizadas na duplicação da Estrada de Ferro Carajás, da VALE.
- Análise estrutural e projeto de reforços e reformas no carregador de navios no porto da MRN em Porto Trombetas, PA.
- Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de estabilidade de uma recuperadora no Terminal Portuário Ponta da Madeira, pertencente à VALE – São Luís – MA.
- Análise teórico experimental com base em técnicas extensométricas de componentes ferroviários na Estrada de Ferro Carajás.
- Desenvolvimento e aplicação de técnicas de extensometria em diversas aplicações industriais.
- Coordenação da conversão 2D para 3D dos arquivos de projetos de equipamentos portuários e de pátio da VALE – Vitória-ES e São Luís-MA.
- Projeto e desenvolvimento de bancada dinamométrica para motores de pequeno porte.

2.3 HUGO GATTI LADEIA COSTA

Gerente de desenvolvimento da HRD, responsável pelo desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias de análise. Ensino superior em Engenharia Mecânica pela UFMG, atua na área de consultoria em equipamentos mecânicos e estruturas metálicas desde 2011. Dentre os principais trabalhos executados podem-se citar:

- Desenvolvimento de ferramenta para cálculo analítico de perfis e ligações metálicas conforme norma AISC-360-2016.
- Gestão técnica do contrato na Mina de S11D, com análises de máquinas de pátio, máquinas de mina, transportadores de correia e prédios de processos.
- Acompanhamento do processo de montagem e reparos das pontes do Ramal Ferroviário S11D, da VALE.
- Coordenação de análise estrutural de transportadores de correia, prédios de processo e galpões na mina da Anglo American em Conceição do Mato Dentro.
- Desenvolvimento de estrutura ROPS e FOPS para caminhões fora de estrada da mina da Anglo American em Conceição do Mato Dentro.
- Análise de falha do eixo do britador cônicoo na mina da Anglo American em Conceição do Mato Dentro.
- Análise de falhas e projeto de sapatas de Crawlers de equipamentos de Mina.
- Medições de acelerometria e desenvolvimento de análise dinâmica do peneiramento primário da Gerdau em Ouro Branco - MG.
- Medições de acelerometria e desenvolvimento de análise dinâmica do equipamento de britagem móvel [MSR] da mina do S11D da VALE.
- Análises técnicas desenvolvidas para seguradoras [ACE, Cunningham, Liberty] em sinistros.
- Desenvolvimento, em conjunto com a Engenharia da VALE, de metodologia para dimensionamento e padronização dos tambores para as minas de S11D e Carajás.
- Coordenação de análises de pontes ferroviárias utilizadas na duplicação da Estrada de Ferro Carajás, da VALE.
- Coordenação de análises de viadutos rodoviários integrantes do projeto CLN-150 da VALE.
- Análise estrutural e projeto de reforços e reformas no carregador de navios na planta da Imerys em Barcarena – PA.
- Análise dinâmica da base de moinhos da planta de processamento da YAMANA GOLD em Alto Horizonte – GO.
- Análise dinâmica do prédio de britagem [MMD] da YAMANA GOLD em Alto Horizonte – GO.
- Análise estrutural e projeto de reformas no prédio de classificação da CSN, em Congonhas MG.
- Análise de falhas e projeto de sapatas de Crawlers de equipamentos de Mina.

2.4 RONALDO LELIS SANTOS

Gerente financeiro e supervisor técnico na HRD responsável pelo planejamento das atividades executadas. Ensino superior em Engenharia Mecânica pela UFMG e pós-graduação em gestão de negócios pelo IBMEC. Atua na área de consultoria em equipamentos mecânicos e estruturas metálicas desde 2016. Dentre os principais trabalhos executados podem-se citar:

- Gestão financeira dos contratos com a Samarco Ubu [ES] e da Usiminas na Usina de Ipatinga;
- Responsável pela gestão de tributos, auditoria, controle das contas a pagar, controle das aplicações financeiras, controle dos saldos bancários, administração do fluxo de caixa e análise das demonstrações financeiras;
- Responsável pelo planejamento das atividades dos colaboradores, alocação de recursos e monitoramento do andamento das atividades;
- Gestão técnica do contrato para análises das máquinas de porto do porto de Praia Mole do complexo portuário de Tubarão, em Vitória, ES, pertencente à VLI;
- Análises de máquinas de pátio e prédios de processos e elaboração de procedimento e acompanhamento de instalação de reforços da Mina de Ferro Carajás no Pará, pertencente à VALE;
- Medições experimentais de deformação para calibragem de modelo numérico em elementos finitos de máquinas de pátio da Mina de Ferro Carajás no Pará, pertencente à VALE;
- Análise de um descarregador de navios com elevador de caçambas no porto do PECÉM em Fortaleza, CE pertencente à VLI;
- Análise de um carregador de navios no terminal portuário de São Luiz, MA pertencente à VLI.

2.5 QUADRO DE REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Abaixo segue quadro para referência técnica sobre os responsáveis técnicos da HRD Soluções de Engenharia, descrito acima.

Samarco

Cosme Gil Fernandes De Carvalho - gil@samarco.com - [28] 99275-4692

Adriano Eber Da Silva - adriano.silva@samarco.com - [27] 98819-8375

Ref. HRD Soluções de Engenharia

MRN

Roberto Gurgel de Souza - rtj.roberto.gurgel@mrn.com.br - [93] 99156-6010

Ref. Diego Correia Martins e Hugo Gatti Ladeia Costa

Arcelor Mittal

Lucas Bernardes [Vitória] - lucas.duarte@arcelormittal.com.br - [27] 99229-0157

Ref. HRD Soluções de Engenharia

Marcelo Euclides de Souza [Vltória] - marcelo.e.souza@arcelormittal.com.br - [27] 99244-5787

Ref. Renee Ferreira de Andrade

VALE

Devanir Silva [Portos] - devanir.silva@vale.com - [27] 99589-8888

Ref. HRD Soluções de Engenharia

Wagner Kameyama [Carajás] - wagner.kameyama@vale.com - [12]98119-1868

Ref. Renêe Ferreira de Andrade e Ronaldo Lelis Santos

Eustácio Maia [S11D] - eustacio.maia@vale.com - [94] 98803-2421

Ref. Hugo Gatti Ladeia Costa e Renêe Ferreira de Andrade

Yuri Pires Silva [S11D] - yuri.silva1@vale.com - [93] 99210-7192

Ref. Diego Correia Martins

Paulo Tovar [Portos] - paulo.tovar@vale.com - [27] 98889-3291

Ref. Renêe Ferreira de Andrade

Vinícius Donizetti [Portos] - vinicius.donizetti@vale.com - [27] 98125-2859

Ref. Diego Correia Martins

LIASA

Fernando Patrus [Diretor] - fernando@liasa.com.br - [31] 3249-2000

Ref. HRD Soluções de Engenharia

LLK

Luiz Henrique [Diretor] - luiz.henrique@llk.com.br - [31] 98462-9389
Ref. HRD Soluções de Engenharia

Astra Solar

Guilherme Abreu [Diretor] - guilherme@astrasolar.com.br - [31] 98840-2606
Ref. HRD Soluções de Engenharia

ARCADIS

Fábio Parussolo [SLZ] - fabio.parussolo@arcadis.com - [98] 99118-2133
Ref. HRD Soluções de Engenharia

LINK

Ancelmo Lage Nicoli [Diretor] - anselmo@linkltda.com.br - [31] 99789-1500
Ref. HRD Soluções de Engenharia

3.0 ESTUDO DE CASOS – HRD SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

Neste item são apresentados alguns dos serviços realizados pela HRD no ano de 2019.

3.1 MÁQUINAS DE PORTO

3.1.1 Descarregador de Navios

Motivação da análise: Avaliação da influência do vento no equipamento devido à instalação de *wind fences* agregada à análise estrutural e mecânica completa da máquina.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme FEM 1.001, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208, AS 3774 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Aumento da confiabilidade e disponibilidade do equipamento e recomendações operacionais em condições de ventos fortes.

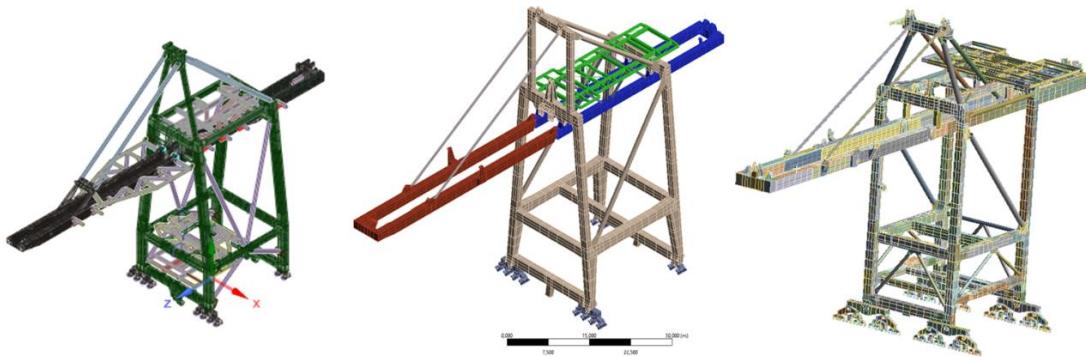


Figura 1: Modelo em elementos finitos dos descarregadores analisados.

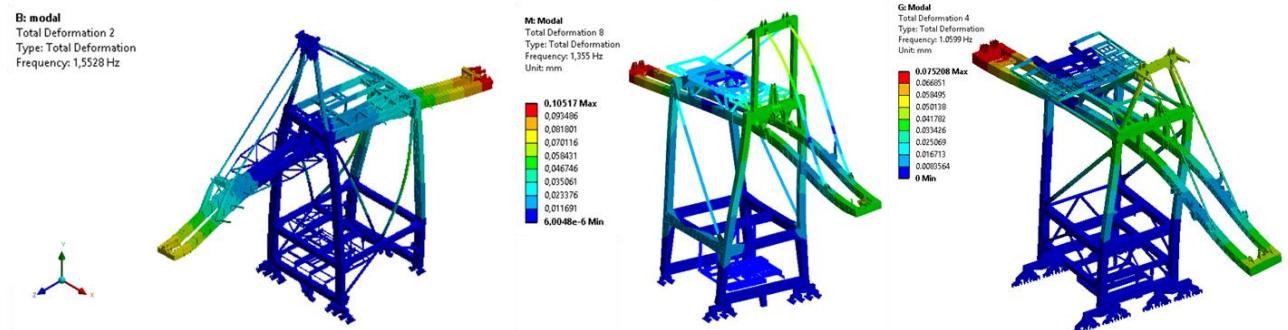


Figura 2: Análise dinâmica [modal] dos descarregadores de navios.



Figura 3: Análise de tensões das máquinas.

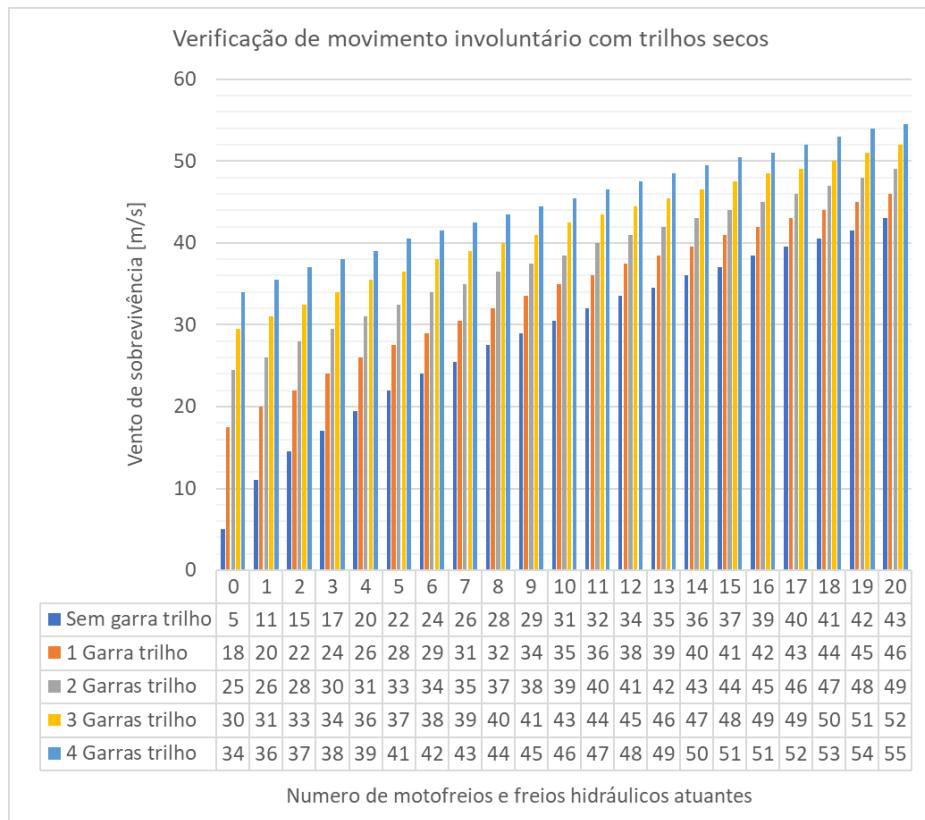


Figura 4: Análise do sistema de frenagem [velocidade de sobrevivência] de um dos descarregadores.

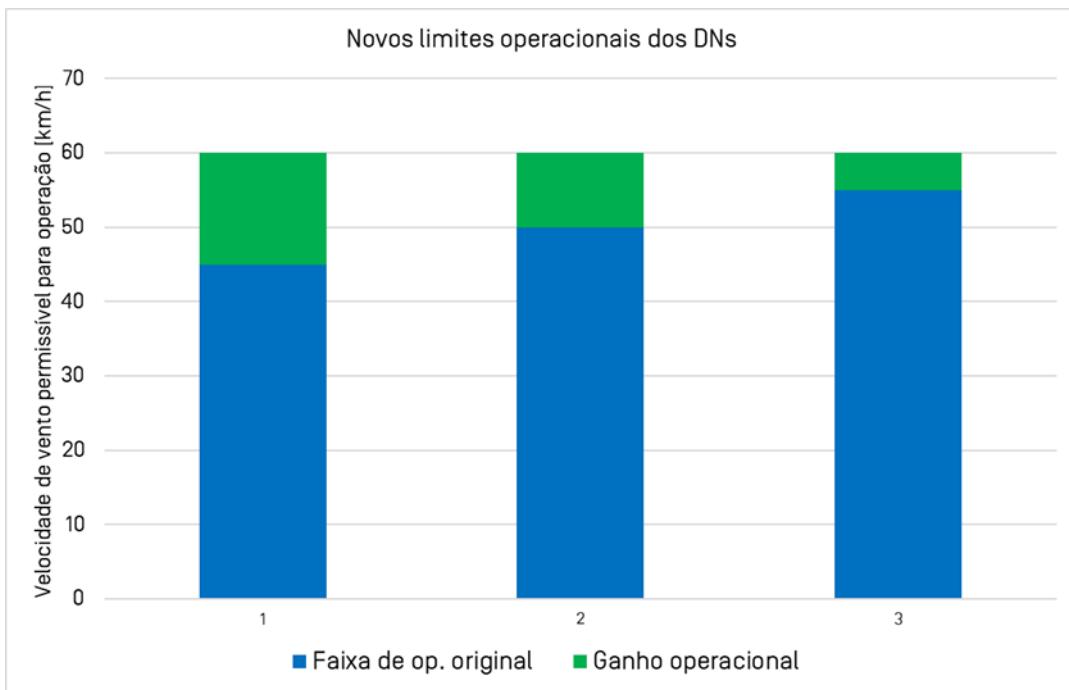


Figura 5: Ganho operacional com novos limites de operação sobre ventos fortes.

3.1.2 Descarregador de Navios

Motivação da análise: Requisitado laudo técnico validando não conformidade das ligações da lança do descarregador, com histórico de falha em campo.

Desenvolvimento: Verificação com base nas normas FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800 e DNVGL-RP-C208.

Resultados alcançados: Validada não conformidade na estrutura do descarregador, nas ligações da lança e nas pressões atuantes no cilindro de elevação da lança.

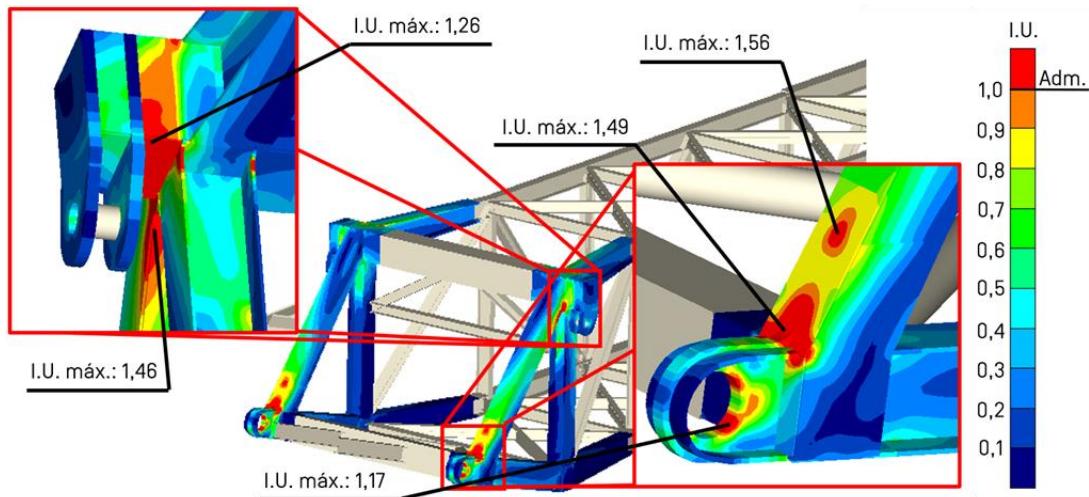


Figura 6: Resultado da análise estática de tensões da estrutura do descarregador.

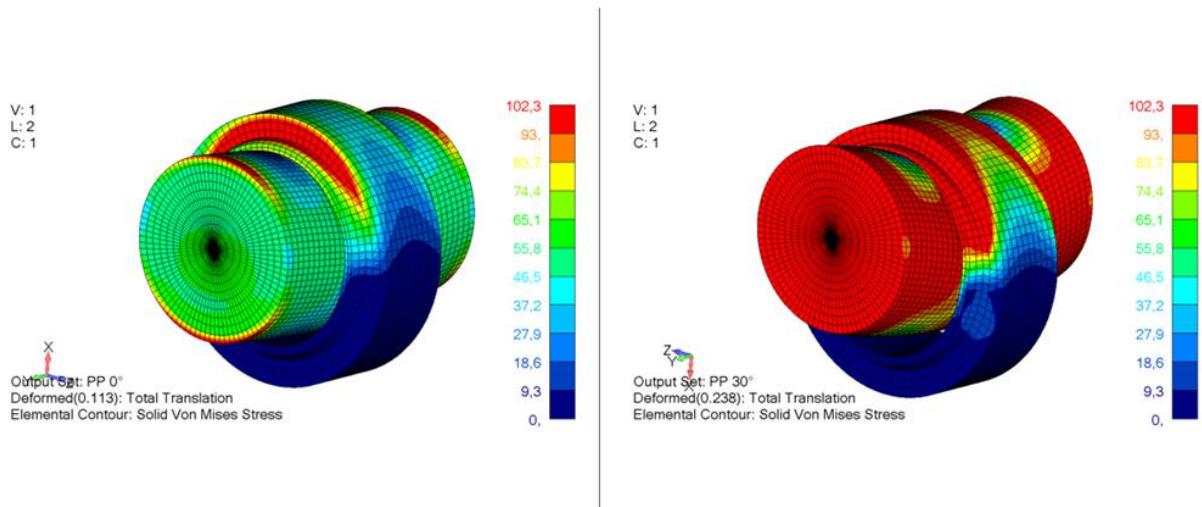


Figura 7: Resultado da análise numérica da ligação para a condição de operação normal [esquerda] e descarregador em posição de by-pass [direita].

3.1.3 Carregador de Navios

Motivação da análise: Suporte técnico especializado requisitado após detecção de descontinuidade durante ensaio não destrutivo em solda de grande responsabilidade da máquina.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Liberação da máquina para operação com base nos resultados de fadiga, sendo a ação recomendada realização de ensaios não destrutivos periódicos.

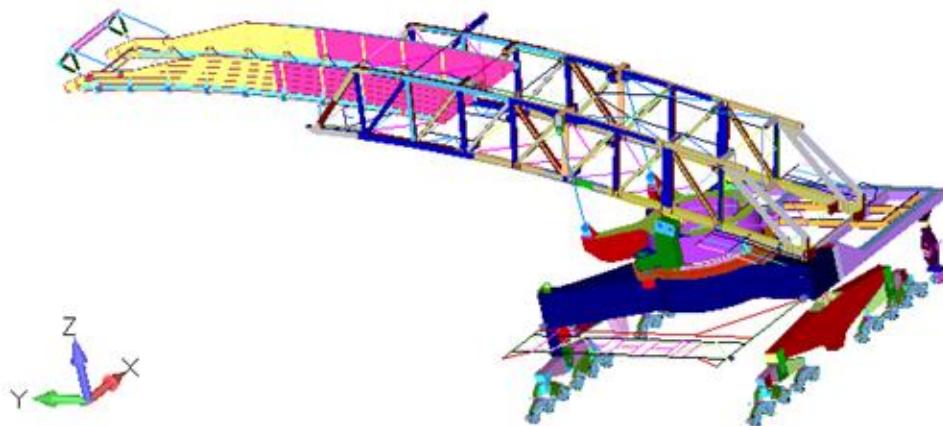


Figura 8: Modelo em elementos finitos do carregador de navios.

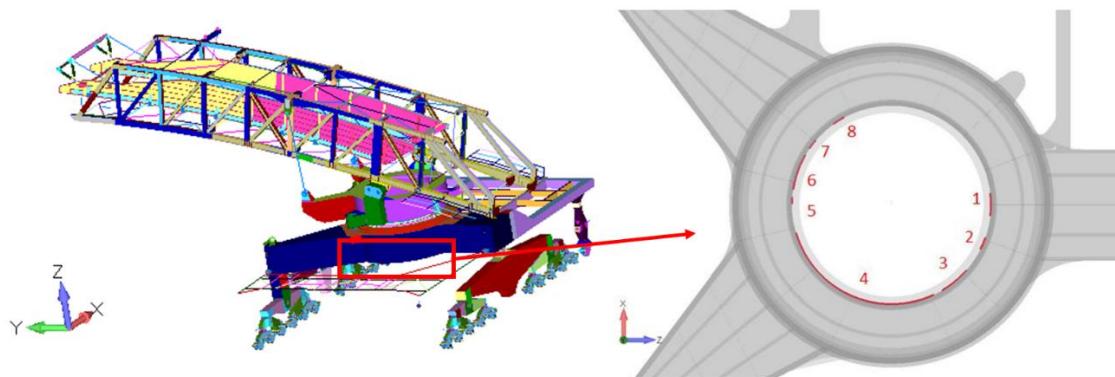


Figura 9: Região de interesse onde foram encontradas descontinuidades com ensaio não destrutivo realizado em campo.

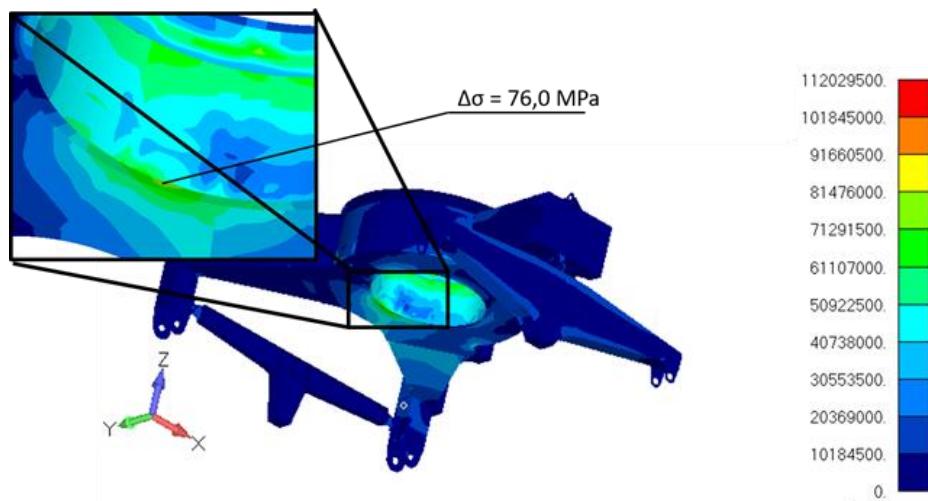


Figura 10: Resultado da análise de fadiga da região de interesse.

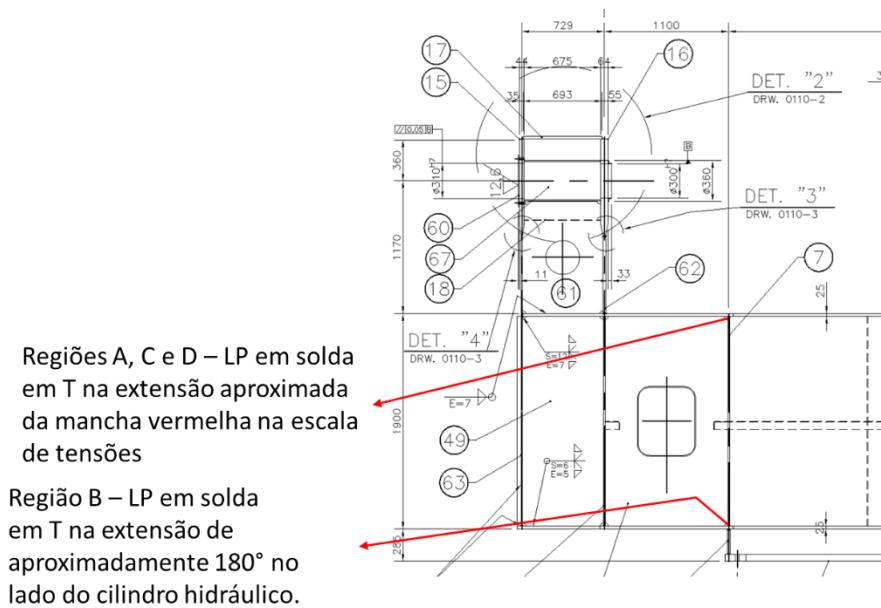


Figura 11: Soldas a serem inspecionadas em região crítica [reprovada na análise de fadiga] constatada na análise completa da máquina.

3.2 MÁQUINAS DE PÁTIO

3.2.1 Empilhadeira

Motivação da análise: Máquina antiga com estágio avançado de degradação em algumas regiões, inadequada para uso com capacidade de projeto original – requisitado estudo para avaliação de possibilidade de operação com taxa reduzida.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208, AS 3774 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Levantamento de pontos críticos, pesagem para aferir posição real do centro de gravidade e projeto de revitalização com planos periódicos de inspeção para garantir integridade estrutural durante a operação.

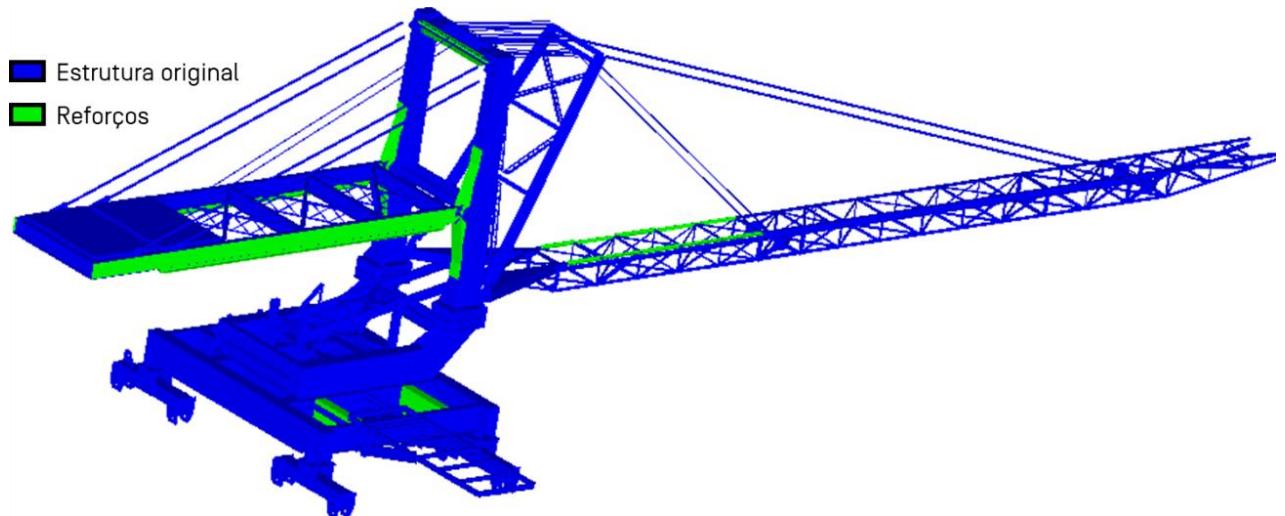


Figura 12: Reforços estruturais propostos para a empilhadeira.

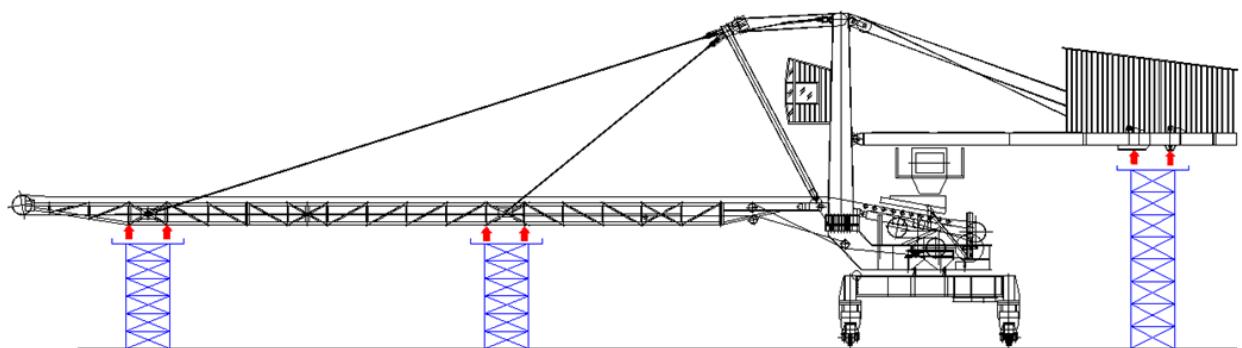


Figura 13: Parte do procedimento de instalação de reforços estruturais – macaqueamento da máquina para alívio de tensões.

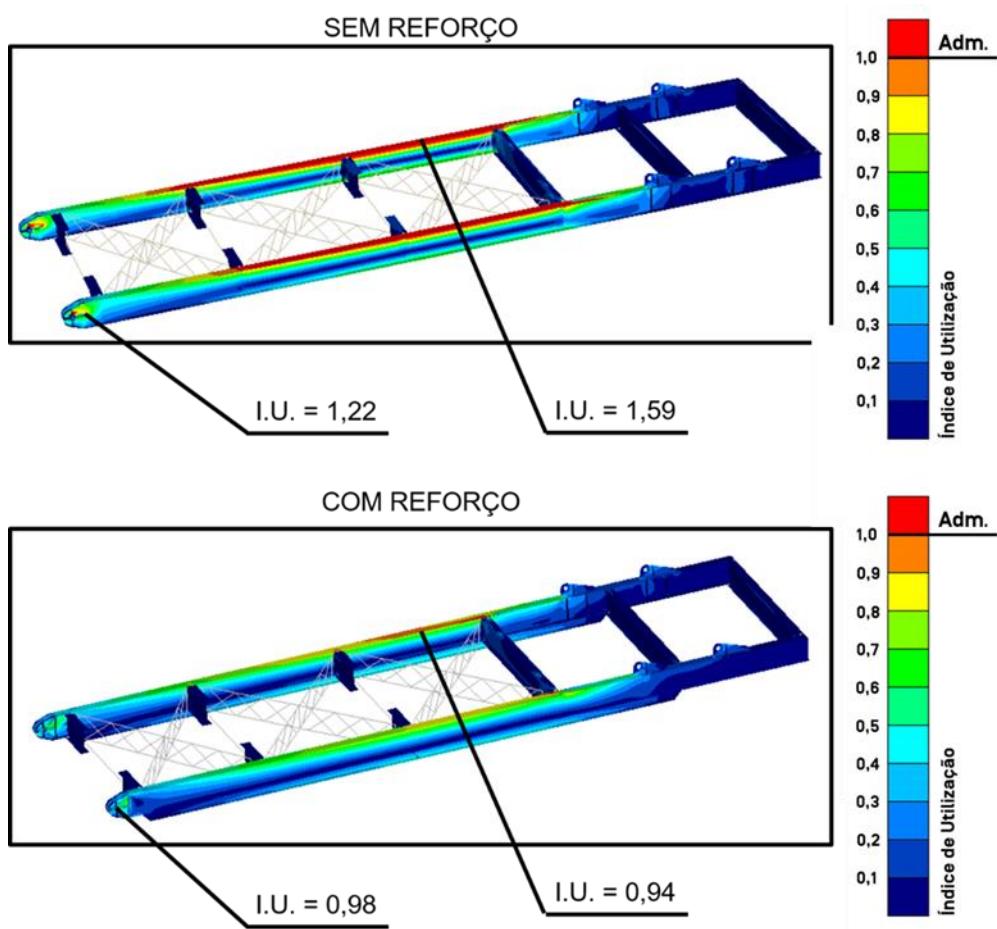


Figura 14: Melhora da condição estática da contralança da empilhadeira com os reforços propostos.

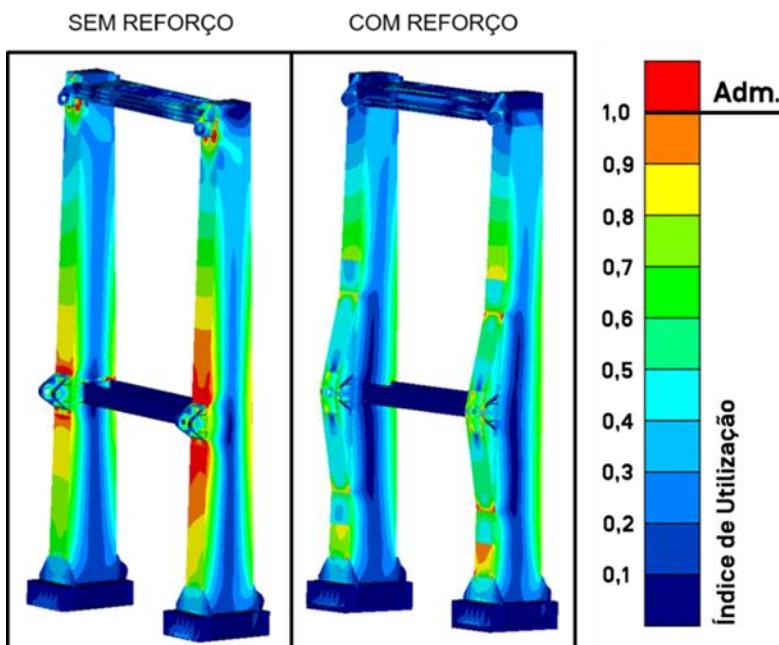


Figura 15: Melhora da condição estática do mastro da empilhadeira com os reforços propostos.

3.2.2 Empilhadeira

Motivação da análise: Máquina antiga chegando ao fim da vida útil esperada – avaliação da viabilidade de continuação segura de operação.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Identificado risco de estabilidade da máquina e necessidade de evitar acúmulo de material sobre a lança. Aumento de segurança e confiabilidade com a instalação de reforço no apoio do tripper.



Figura 16: Modelo em elementos finitos desenvolvido para realização das análises.

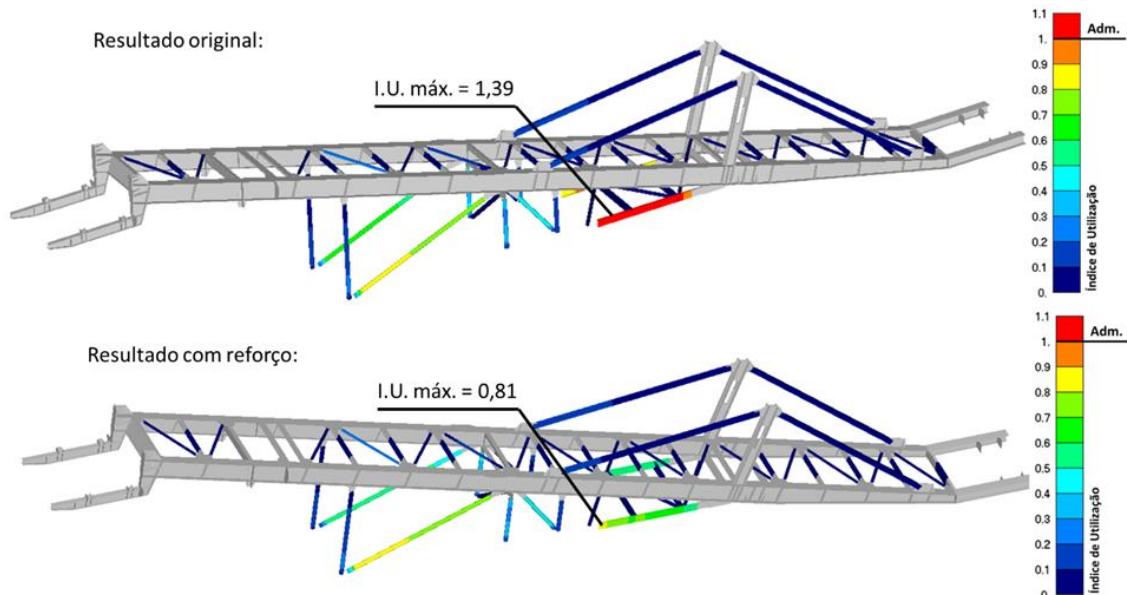


Figura 17: Constatação da melhora da condição estática da região reforçada do tripper.

Momento estabilizantes e desestabilizantes

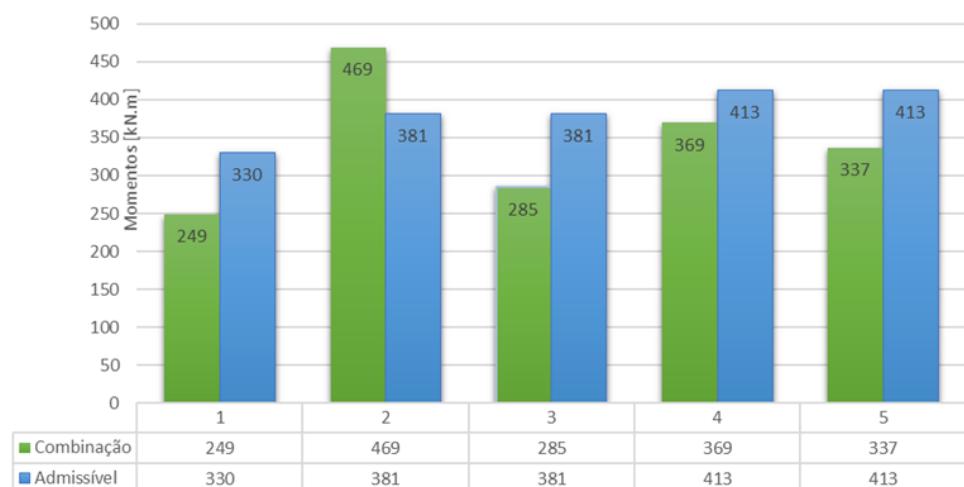


Figura 18: Resultado gráfico da análise de estabilidade global e riscos de tombamento.

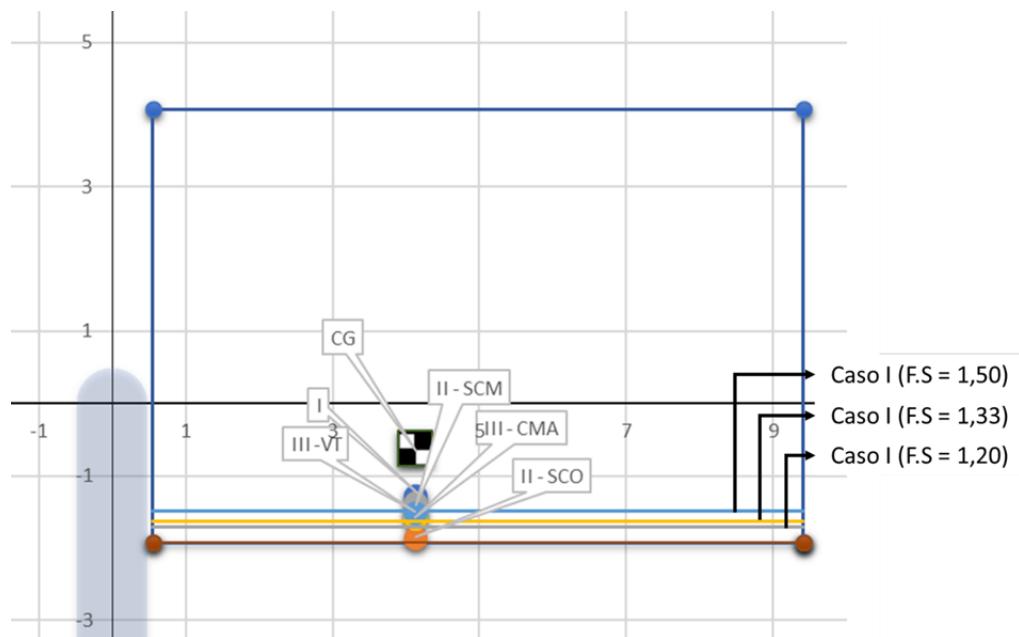


Figura 19: Resultado ilustrativo da análise de estabilidade global e riscos de tombamento.

3.2.3 Empiladeira/Recuperadora

Motivação da análise: Desejado procedimento de revitalização ou troca de uma máquina antiga condenada para uso com pesos de suas partes e componentes desconhecidos.

Desenvolvimento: Cargas e requisitos mínimos de içamento determinados com base nas normas NBR 6123, NBR 8400 e FEM Section II.

Resultados alcançados: Pesos estruturais estimados com base no modelo em elementos finitos desenvolvido. Emitido procedimento técnico contemplando todos os passos necessários para desmontagem completa da máquina para revitalização em oficina ou descarte [sucateamento].

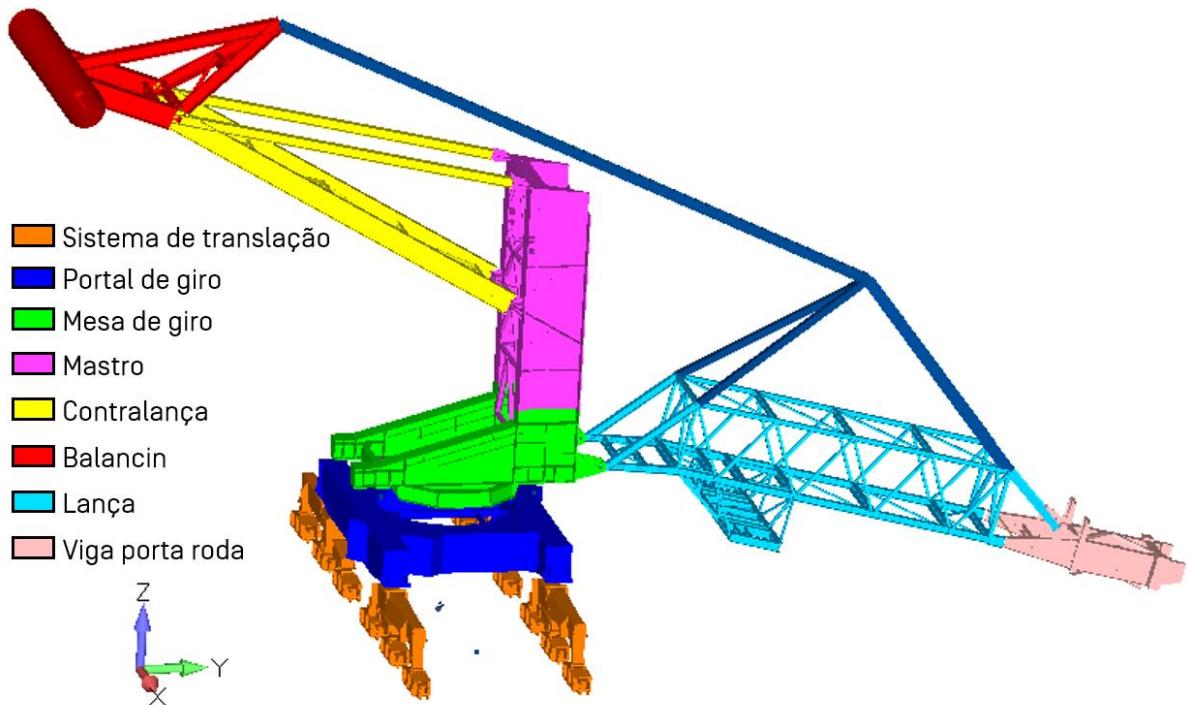


Figura 20: Modelo numérico desenvolvido para estimativa de pesos.

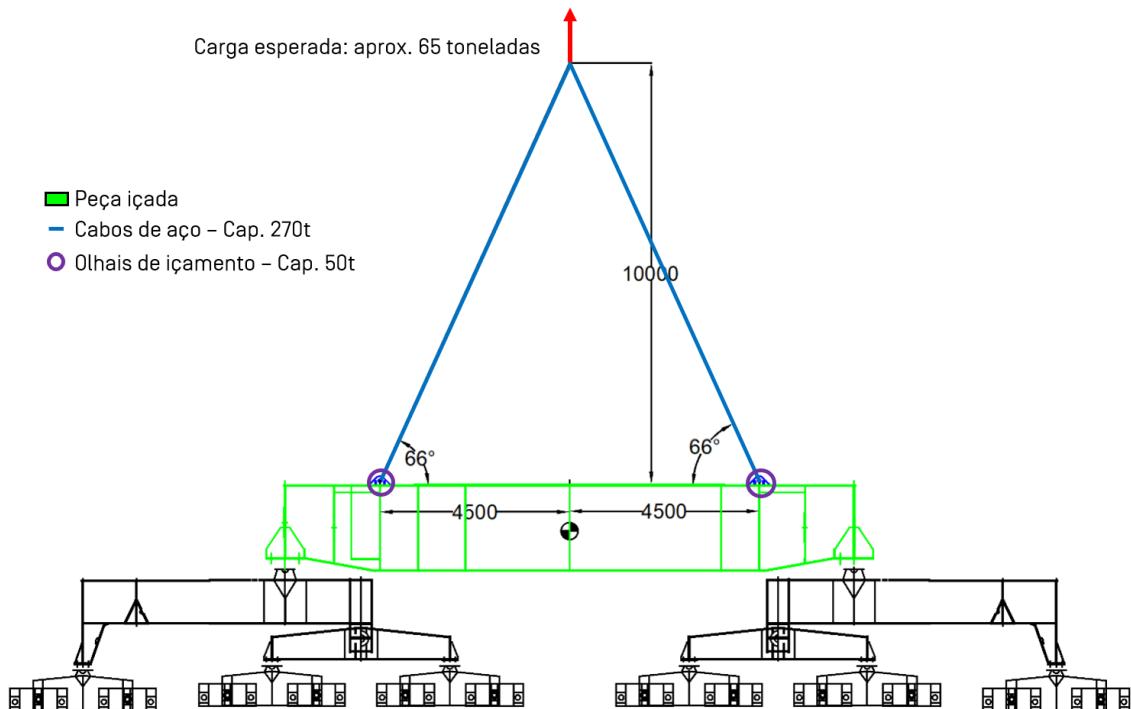


Figura 21: Esquema de içamento do portal de giro da máquina.

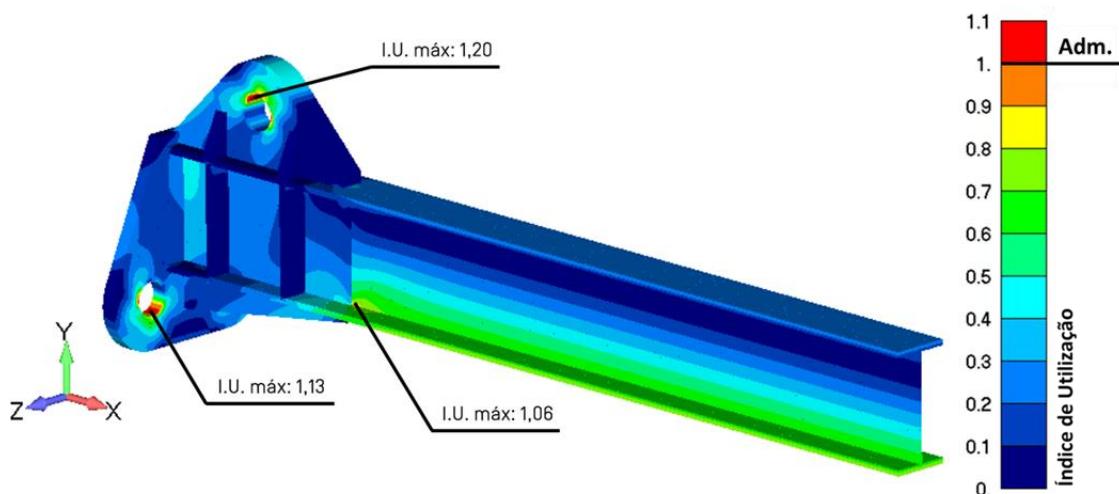


Figura 22: Análise do balancim projeto para auxiliar na desmontagem.

3.2.4 Empiladeira/Recuperadora

Motivação da análise: Projeto de levantamento de riscos e não conformidades de ativos para aumento de confiabilidade e segurança operacional.

Desenvolvimento: Cargas e requisitos mínimos de içamento determinados com base nas normas NBR 6123, NBR 8400 e FEM Section II.

Resultados alcançados: Identificadas regiões com vida útil menor que a requerida e propostos reforços estruturais para garantia da obtenção da vida útil esperada com disponibilidade, confiabilidade e segurança.

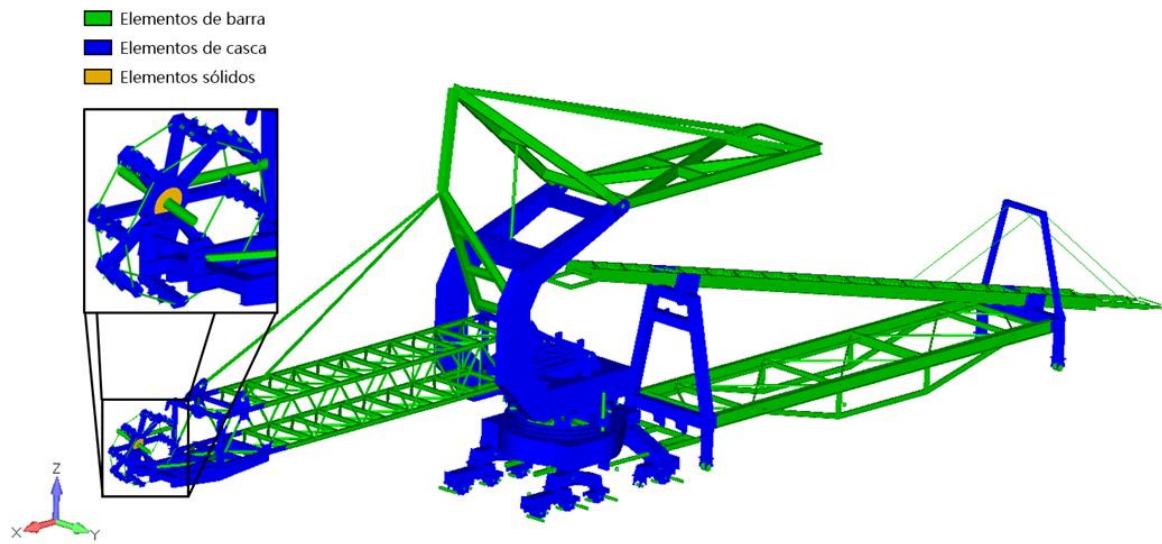


Figura 23: Modelo em elementos finitos desenvolvido para as análises.

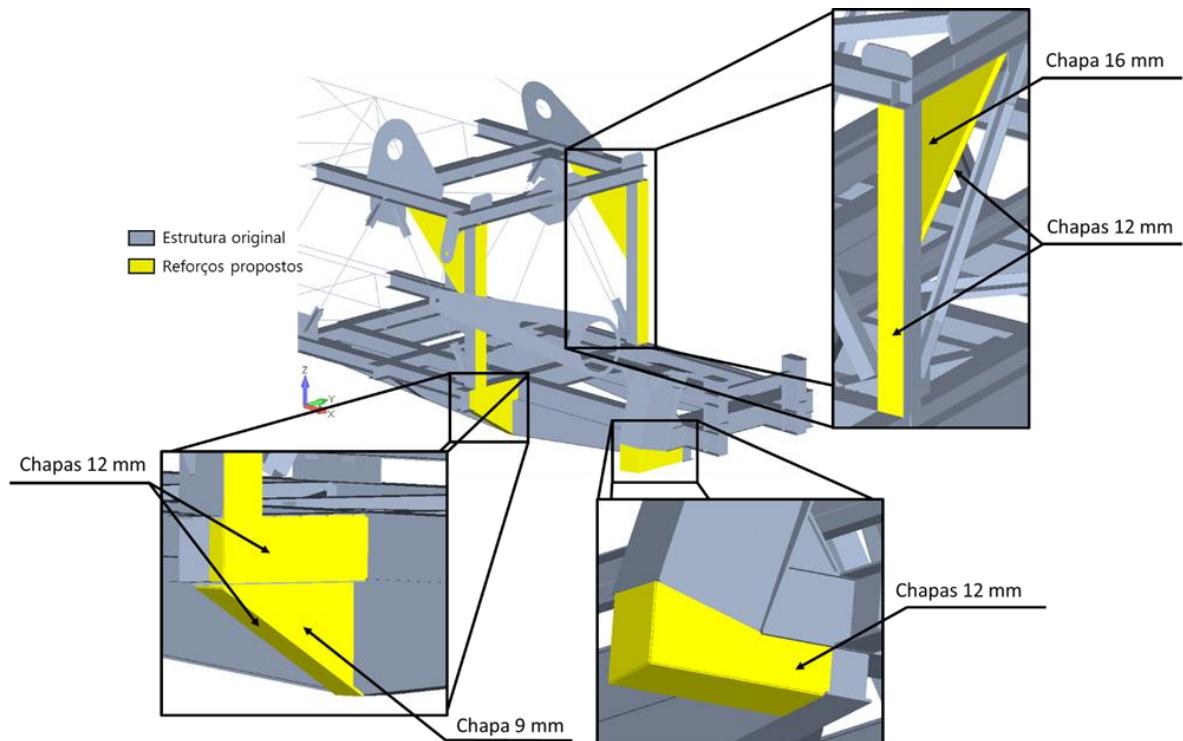


Figura 24: Reforços propostos para a estrutura da lança.

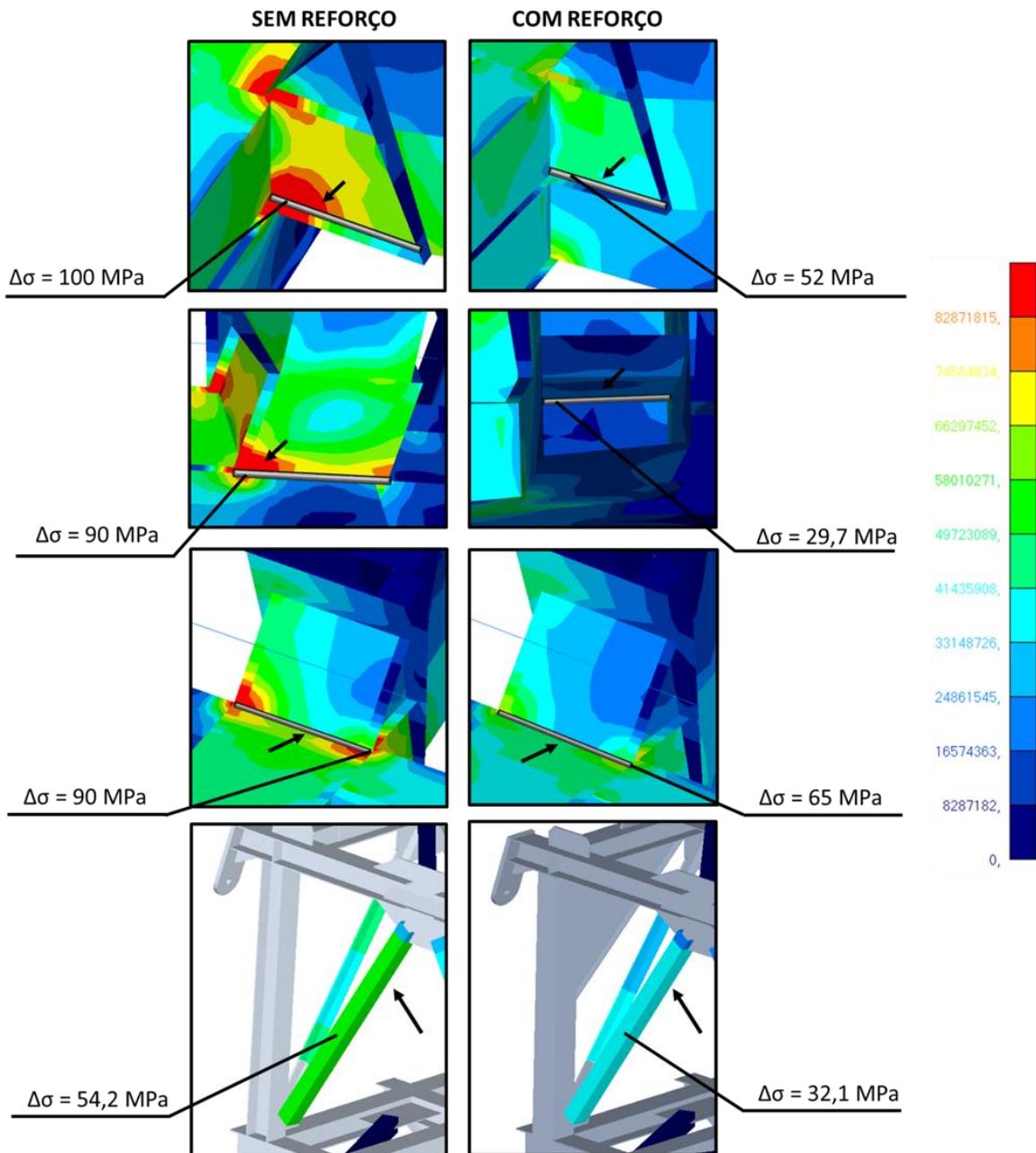


Figura 25: Comparativo da variação de tensões principais original e com a instalação dos reforços propostos na análise de fadiga.

3.2.5 Recuperadora

Motivação da análise: Averiguar conformidade estrutural e mecânica da máquina para retomada de operação segura.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Identificadas duas condições críticas para a integridade estrutural da máquina com plano de resposta e monitoramento para mitigação de riscos.

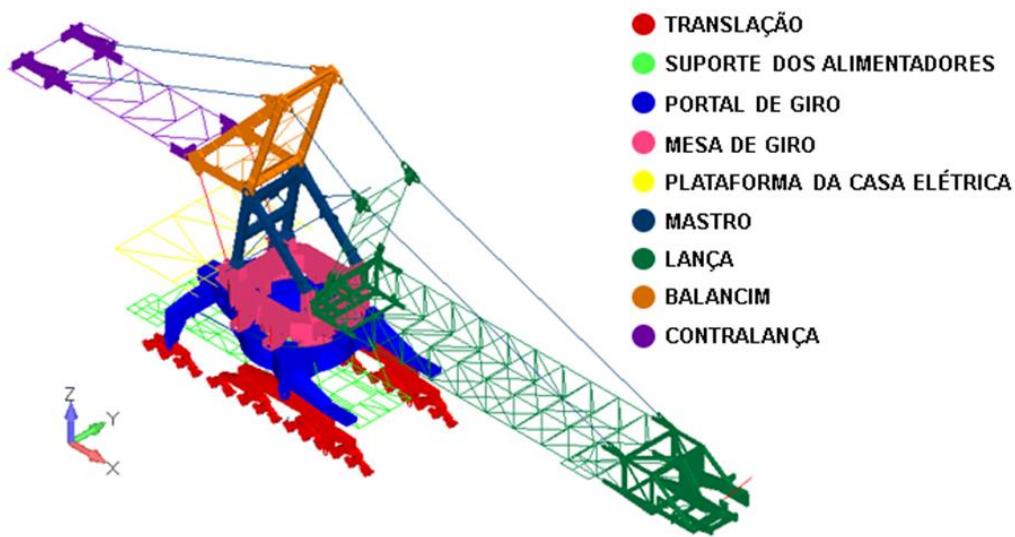


Figura 26: Modelo numérico desenvolvido para as análises.

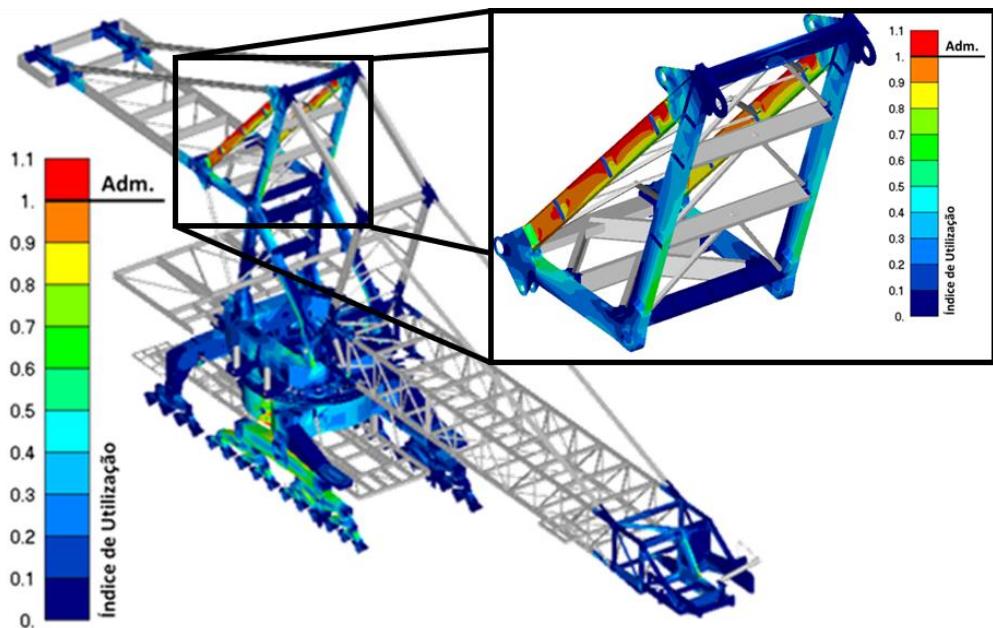


Figura 27: Resultado crítico da análise de tensões identificado para a estrutura.

3.2.6 Recuperadora

Motivação da análise: Projeto de levantamento de riscos e não conformidades de ativos para aumento de confiabilidade e segurança operacional.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Aumento do contrapeso de esticamento para redução da flecha na correia, aumentando sua vida útil.



Figura 28: Modelo do transportador de correia.

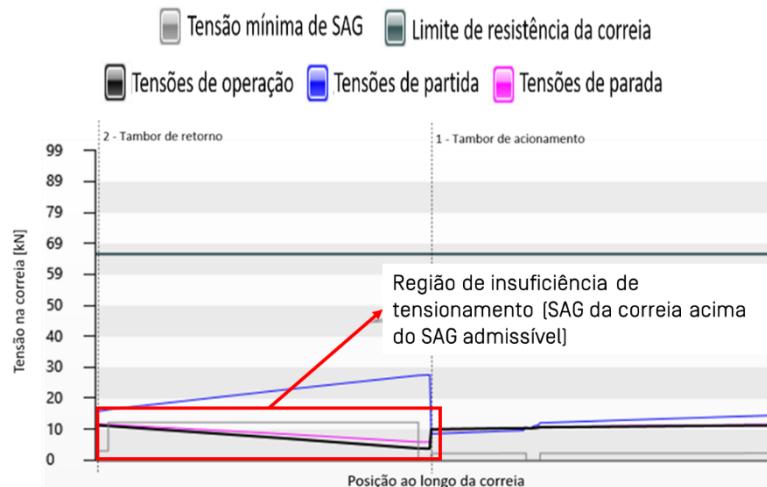


Figura 29: Tensão na correia ao longo do transportador da lança para a elevação de 10°.

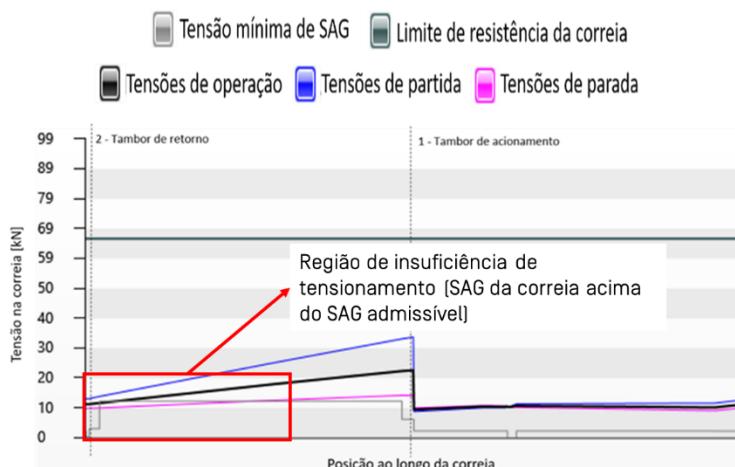


Figura 30: Tensão na correia ao longo do transportador da lança para a elevação de -9°.

3.2.7 Virador de Vagões

Motivação da análise: Projeto de levantamento de riscos e não conformidades de ativos para aumento de confiabilidade e segurança operacional.

Desenvolvimento: Análise estrutural e mecânica conforme norma FEM Section II, AISC 360-16, NBR 8800, DNVGL-RP-C208 e EN-1993-1-9.

Resultados alcançados: Redimensionamento do conjunto de acionamento e frenagem para adequação às condições operacionais atuais do equipamento. Novo projeto do eixo do pinhão que apresentava falhas sucessivas e prematuras.

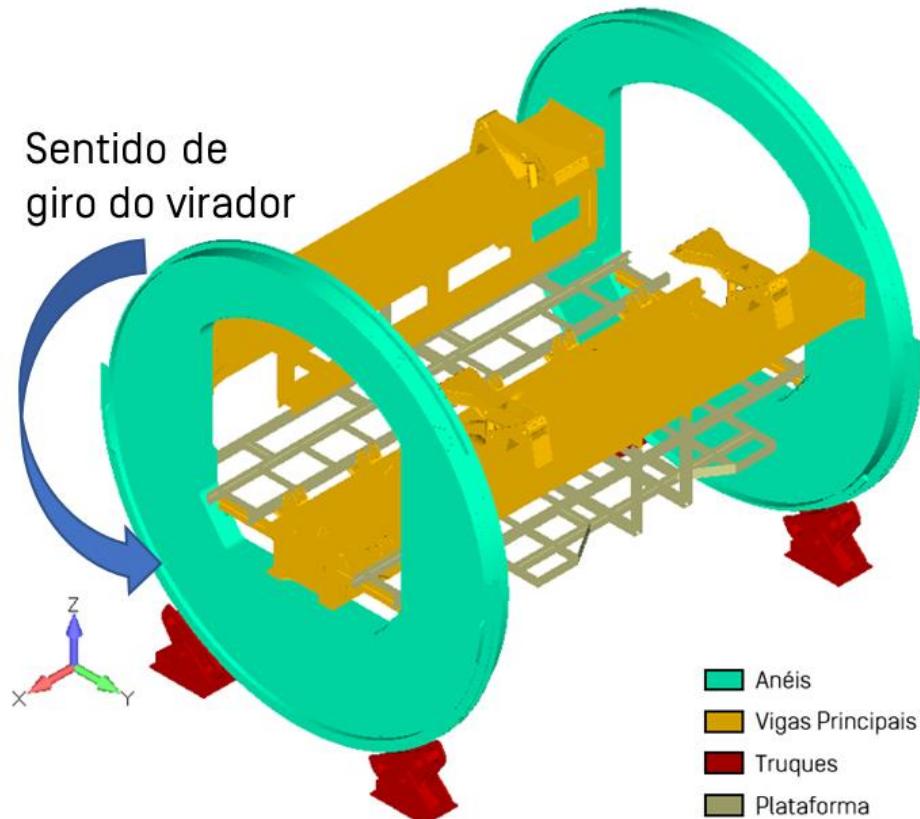


Figura 31: Modelo numérico desenvolvido para as análises.

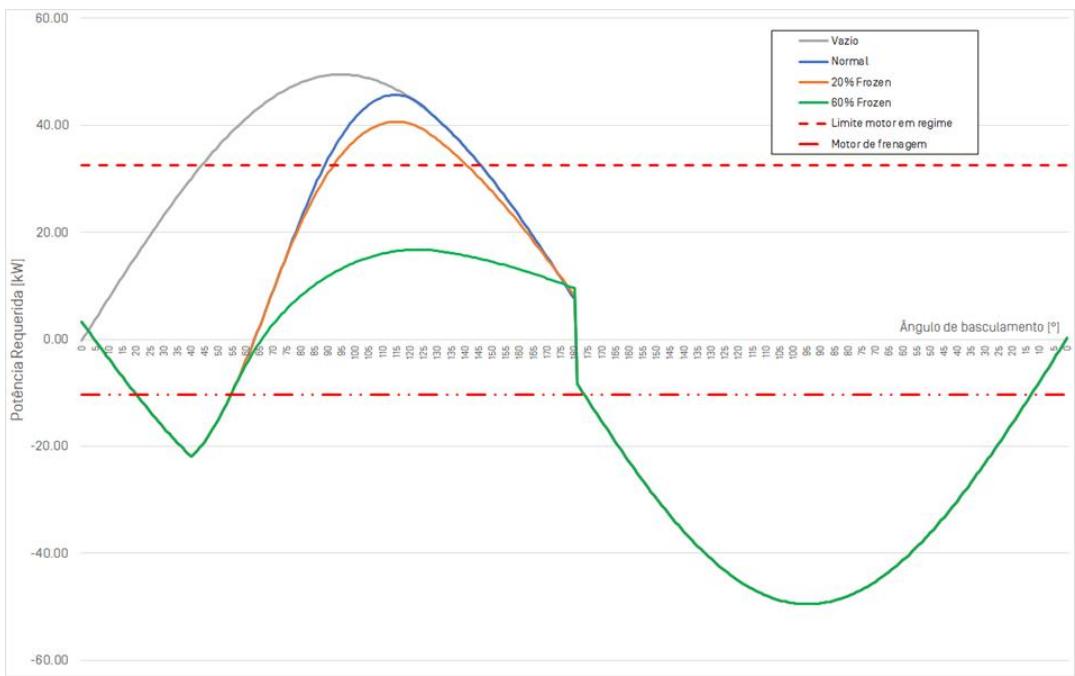


Figura 32: Resultado de potência requerida para o sistema de giro.

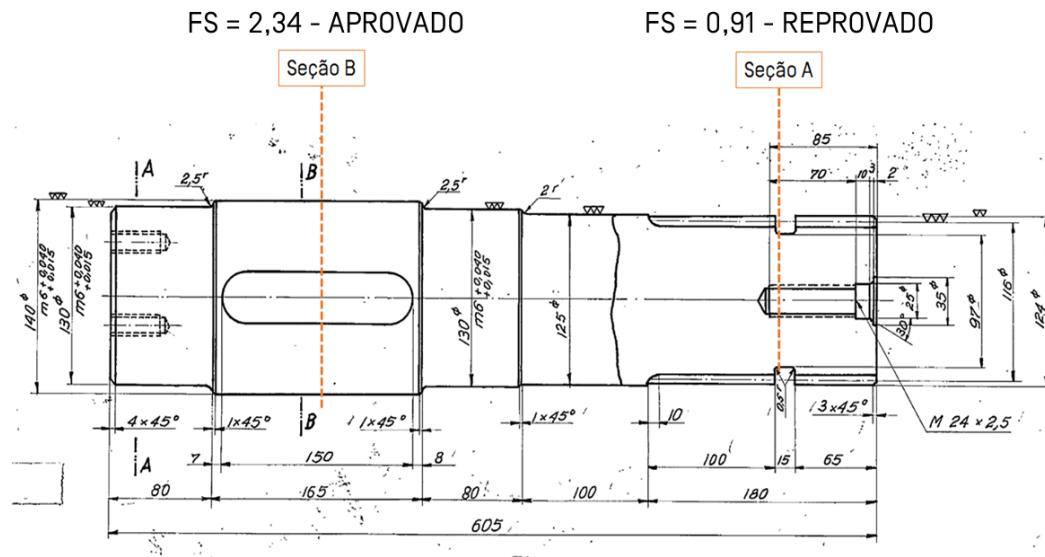


Figura 33: Resultado da verificação mecânica do eixo do pinhão de giro.

3.3 ESTRUTURAS METÁLICAS INDUSTRIAS

3.3.1 Transportador de correia curvo

Motivação da análise: Adequação do projeto produto novo a ser lançado no mercado aos critérios de dimensionamento estrutural das normas relevantes.

Desenvolvimento: Cálculo, aplicação de cargas e verificação segundo critérios da NBR 6123 [vento] AISC-360-16 [perfis laminados e soldados], AISE-96 [perfis formados a frio] e NBR 8800 [ligações].

Resultados alcançados: Otimização estrutural do equipamento com redução de **32%** de peso e maior confiabilidade em sua integridade estrutural.

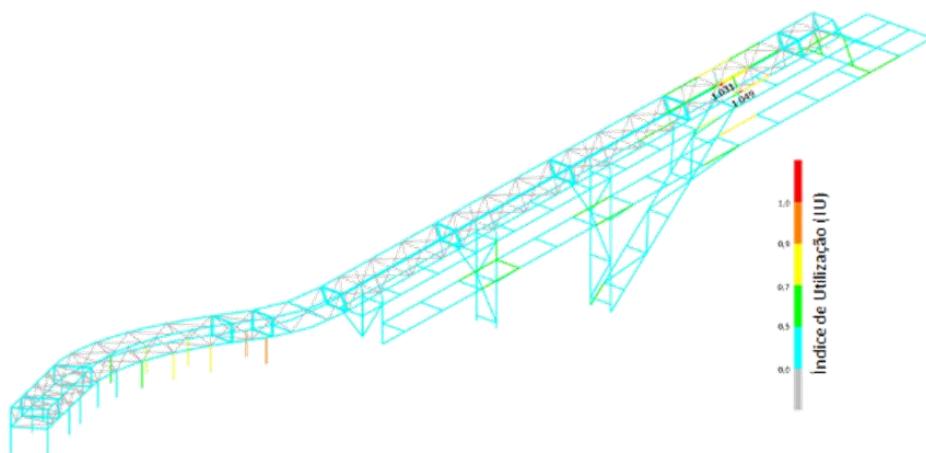


Figura 34: Resultado da análise da estrutura original.

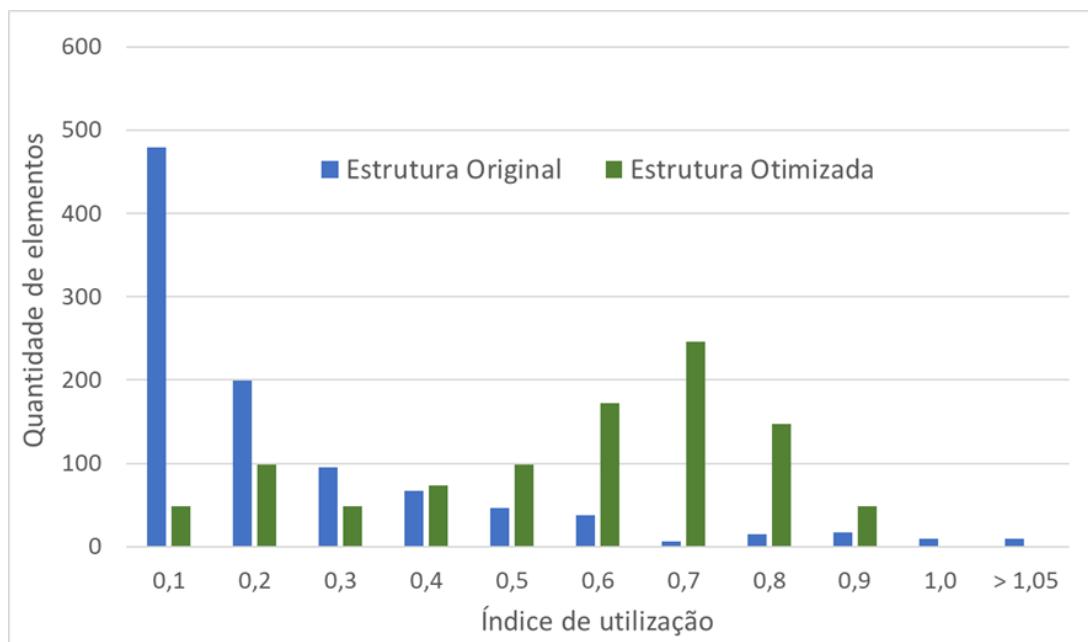


Figura 35: Otimização da estrutura alcançada com a análise.

3.3.2 Transportador de correia convencional

Motivação da análise: Avaliação da condição estrutural dos transportadores com a implantação de tapamento lateral em toda sua extensão.

Desenvolvimento: Cálculo, aplicação de cargas e verificação segundo critérios da NBR 6123 [vento] AISC-360-16 [perfis laminados e soldados] e NBR 8800 [ligações], além de especificações internas do cliente.

Resultados alcançados: Estrutura não adequada para receber os acréscimos de carregamentos de vento devido ao tapamento total do equipamento e a inclusão da calha ao longo do transportador, além de identificado risco de acoplamento modal.

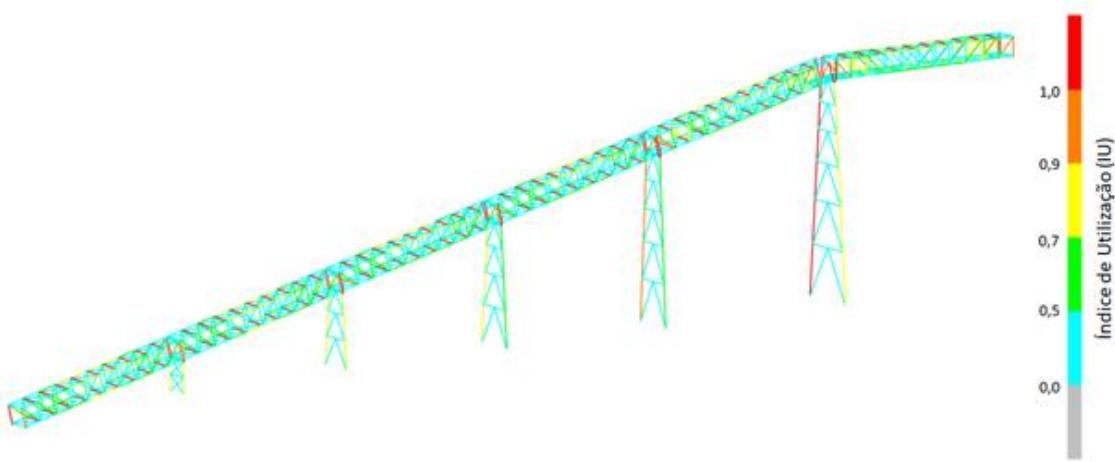


Figura 36: Resultado da análise da estrutura original.

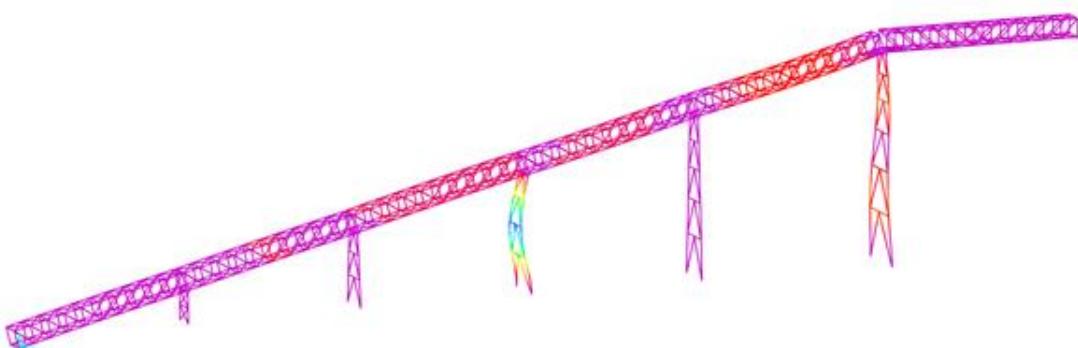


Figura 37: Frequência natural com alto risco de acoplamento com a excitação dos roletes identificada na análise modal.

3.3.3 Prédio de processos

Motivação da análise: Avaliação de integridade e adequação normativa de prédios de fornos de pelotização para retomada segura da operação.

Desenvolvimento: Cálculo, aplicação de cargas e verificação segundo critérios da NBR 6123 [vento] AISC-360-16 [perfis laminados e soldados] e NBR 8800 [ligações], além de especificações internas do cliente.

Resultados alcançados: Estrutura aprovada para retomada de operação após realinhamento do caminho de rolamento do carro grelha, que apresentou desalinhamento excessivo em ensaio topográfico.

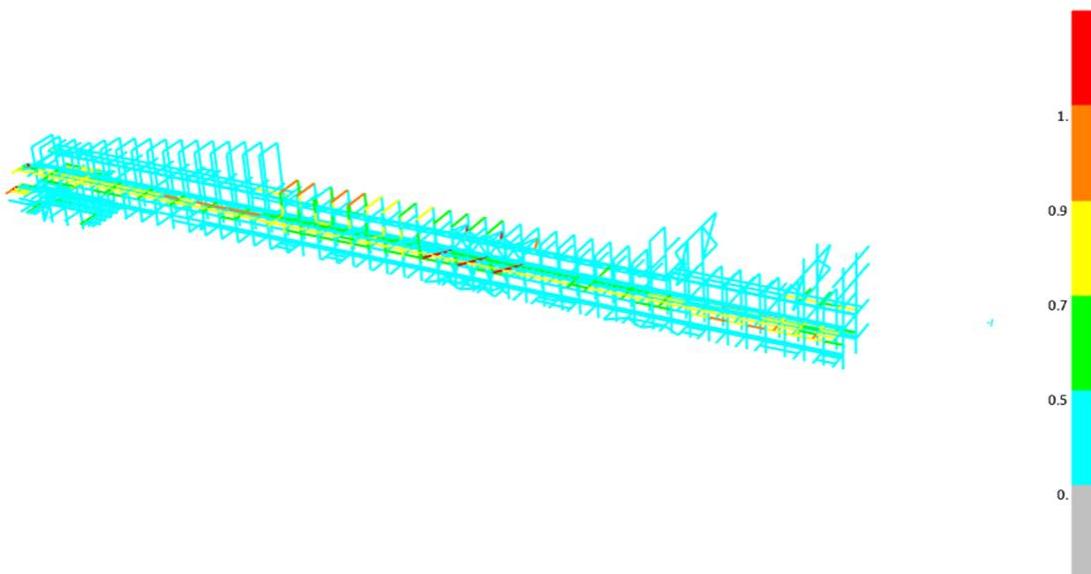


Figura 38: Verificação e índice de utilização dos elementos perfilados para atender a critérios mínimos de estado limite último.

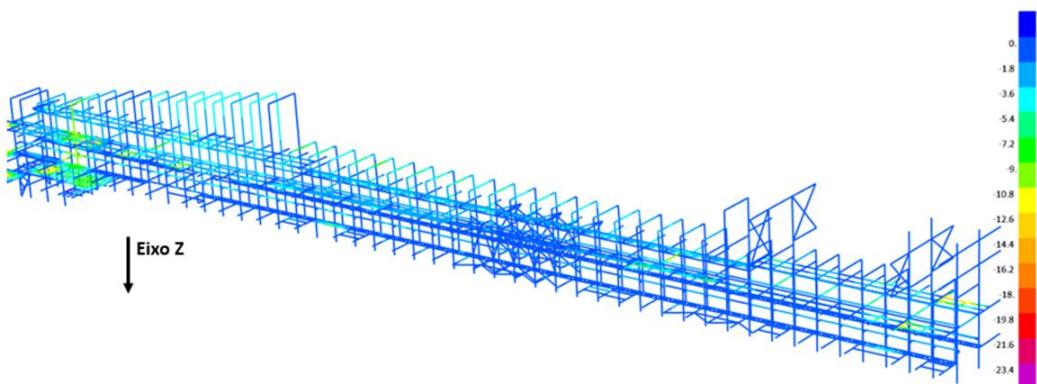


Figura 39: Verificação de deslocamentos máximos para atender critérios mínimos de estado limite de serviço.

3.3.4 Píer de estrutura metálica

Motivação da análise: Avaliação de integridade estrutural de um píer com pontos de corrosão para viabilidade de plano de rigging proposto.

Desenvolvimento: Cálculo de cargas de acordo com plano de rigging fornecido e verificação da estrutura considerando as medições de corrosão realizadas.

Resultados alcançados: Novo procedimento de desembarque de cargas levando em conta resultados do estudo [reprovação da estrutura para plano original] e reforços propostos e procedimento de reparo de danos de corrosão para pontos críticos desenvolvidos.

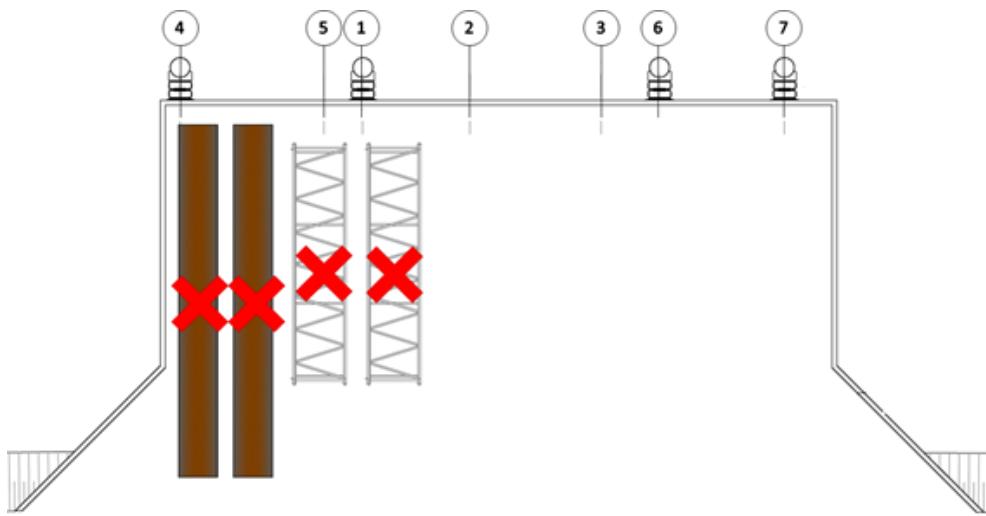


Figura 40: Recomendação de remoção de sobrecarga na região crítica identificada na análise.

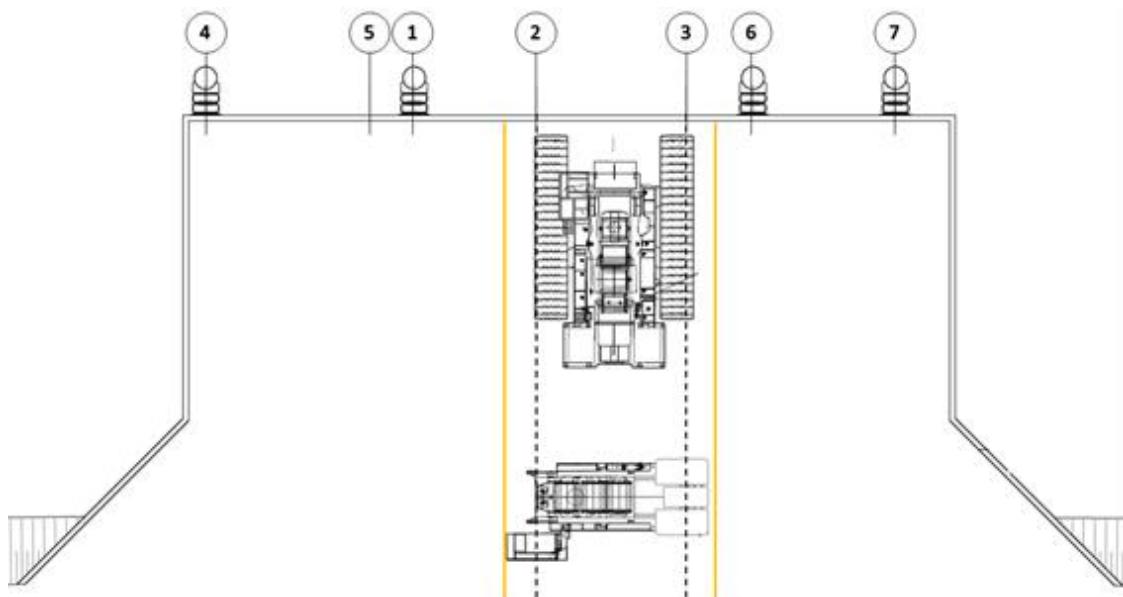


Figura 41: Limite de posicionamento do guindaste para operação do novo procedimento de desembarque.

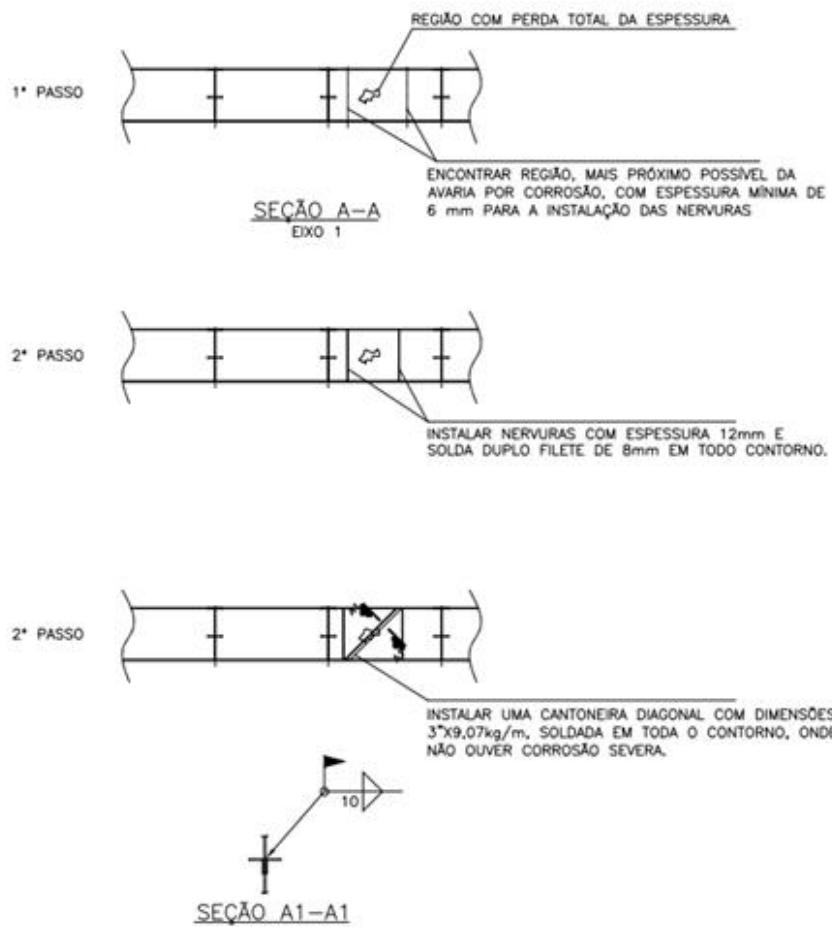


Figura 42: Procedimento de reparo nas almas de perfis danificados.

3.3.5 Píer de concreto armado

Motivação da análise: Avaliação da possibilidade de pesagem de carregador de navios [sem risco à integridade estrutural do píer] e melhor posição no píer para a operação.

Desenvolvimento: Identificação de região de maior resistência da estrutura do píer e aplicadas cargas esperadas em cada ponto de macaqueamento durante pesagem. Estrutura de concreto verificada com base nos momentos fletores máximos.

Resultados alcançados: Possibilidade de pesagem seguindo métodos tradicionais descartada por insuficiência da estrutura do píer.

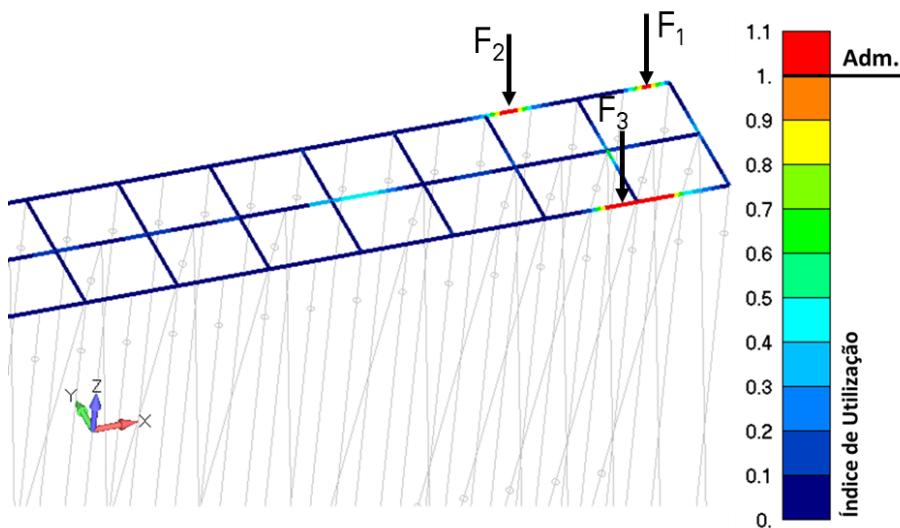


Figura 43: Resultado de I.U. das vigas na região de maior resistência.

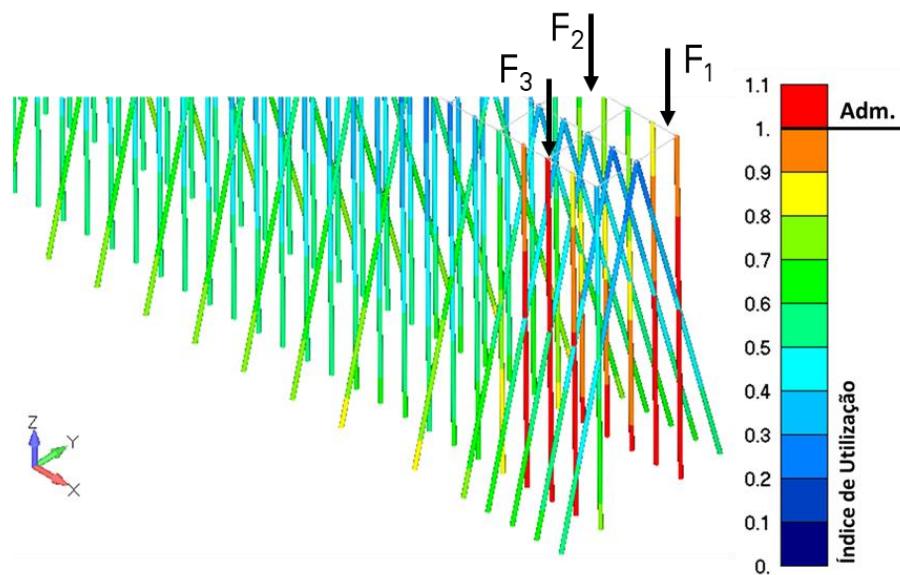


Figura 44: Resultado de I.U. das estacas na região de maior resistência.

3.4 EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

3.4.1 Carenagem de carro amostrador

Motivação da análise: Preocupação do proprietário com a integridade estrutural do equipamento para a condição de acúmulo de material em sua parte superior.

Desenvolvimento: Cálculo e distribuição de carga máxima de material incrustado na cobertura e verificação do estado limite último estrutural.

Resultados alcançados: Indicado ao cliente ajuste de torque nos chumbadores de fixação para adequação à condição indicada.

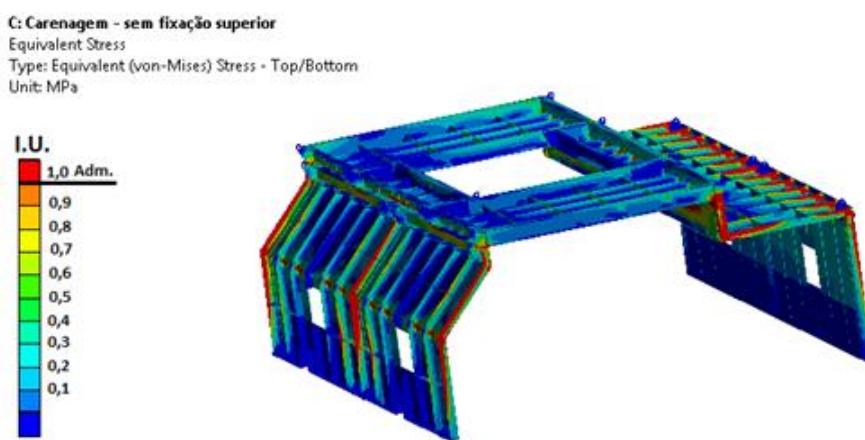


Figura 45: Resultado da análise estrutural de uma carenagem de um carro amostrador – sem pretensão adequada nos chumbadores.

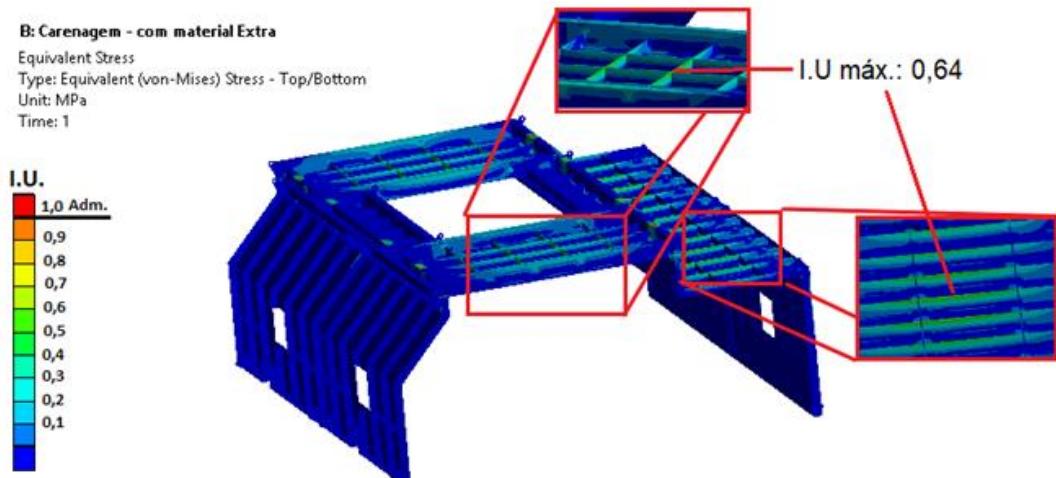


Figura 46: Resultado da análise estrutural de uma carenagem de um carro amostrador – com ligação adequada.

3.4.2 Tambor de transportador de correia

Motivação da análise: Verificação e memorial de cálculo do tambor de acionamento a ser implantado em um complexo minerário.

Desenvolvimento: Cálculo e aplicação de argas segundo especificações técnicas do cliente final e verificação da vida útil [fadiga] segundo critérios da IIW-[equipamentos rotativos – “very high cycle”].

Resultados alcançados: Reprovação e reprojeto da solda entre o cubo e espelho do tambor e do anel de expansão originalmente especificado.

Análise de tensões – Solda do cubo e disco lateral

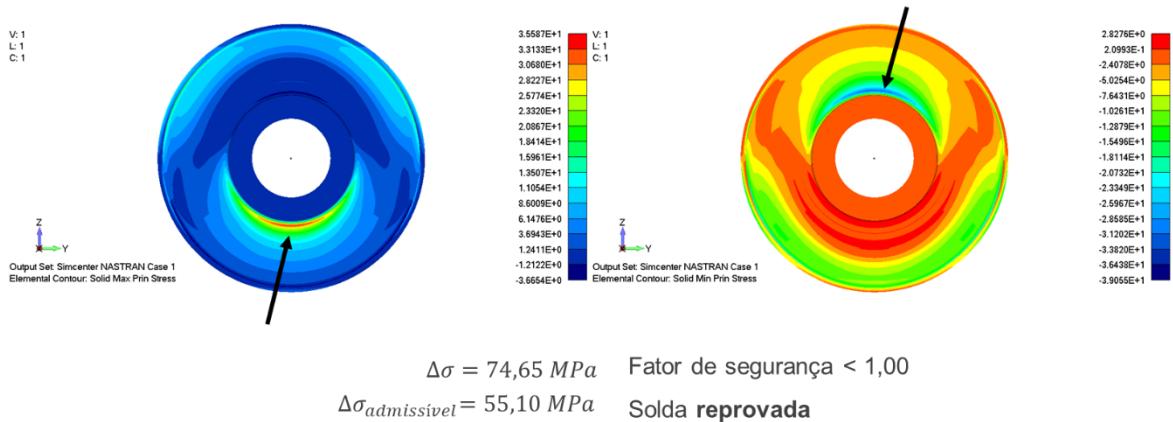
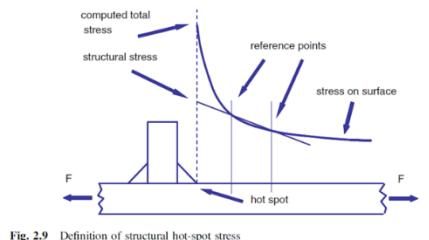
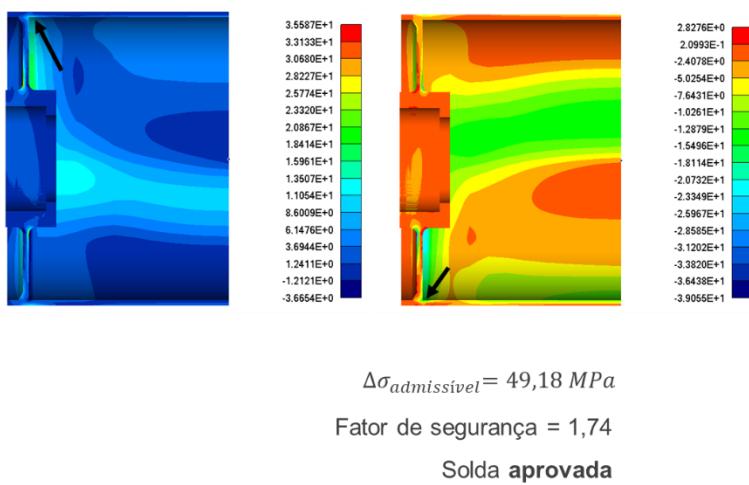


Figura 47: Análise da solda entre o cubo e o disco lateral.

Análise de tensões – Solda do disco lateral e cilindro



Tensões atuantes - Solda disco lateral e cilindro		
Tensão	Ext_max	Ext_min
S_0,4 t	13,0	-9,6
S_0,9 t	8,9	-7,6
S_1,4 t	5,9	-5,6
S_hs	17,1	-11,2
$\Delta\sigma$	28,3 MPa	

Figura 48: Análise “hot spot” da solda entre o disco lateral e o cilindro.

3.4.3 Cavalete autoalinhante de um transportador de correia

Motivação da análise: Projeto estrutural de um cavalete autoalinhante a ser implantado em um complexo minerário.

Desenvolvimento: Condições limites avaliadas segundo recomendação da CEMA, vida útil [fadiga] calculada com base nos critérios da norma EN-1993-1-9 e estrutura metálica verificada segundo critérios da NBR 8800 e AISC-360-16.

Resultados alcançados: Emissão de memorial de cálculo comprovando adequação da estrutura aos critérios de verificação e análise adotados.

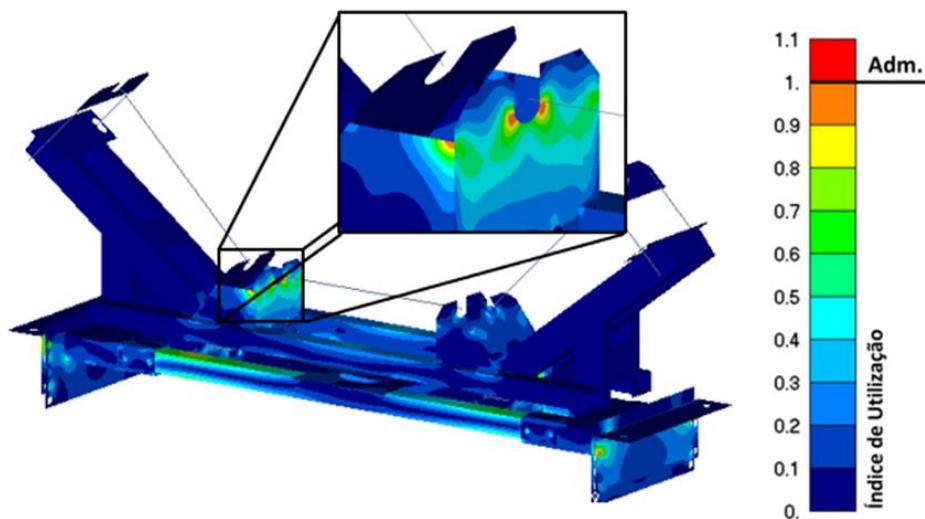


Figura 49: Resultado da verificação [aprovada] do estado limite último da estrutura reforçada.

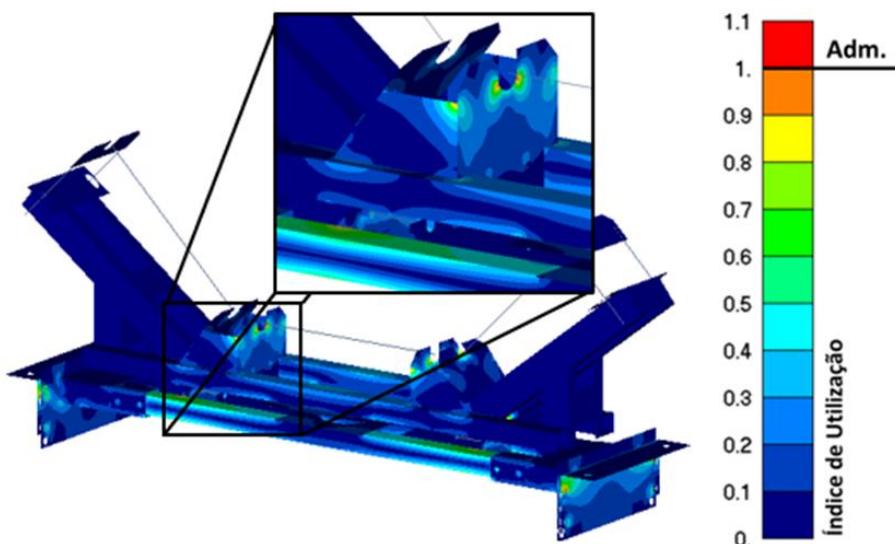


Figura 50: Resultado da verificação [aprovada] de vida útil requerida [fadiga] da estrutura reforçada.

3.4.4 Levantador de correia para transportadores de correia

Motivação da análise: Projeto estrutural de um levantador de correia a ser lançado no mercado.

Desenvolvimento: Cálculo de cargas relevantes segundo metodologia da CEMA e estrutura verificada conforme as normas AISC 360-16 e NBR 8800.

Resultados alcançados: Emissão de memorial de cálculo comprovando adequação da estrutura aos critérios de verificação e análise adotados.

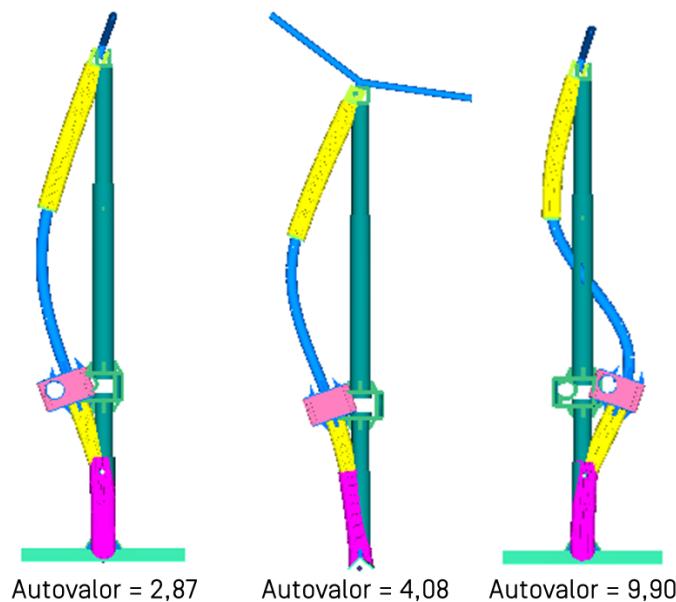


Figura 51: Resultado da verificação de flambagem da estrutura original.

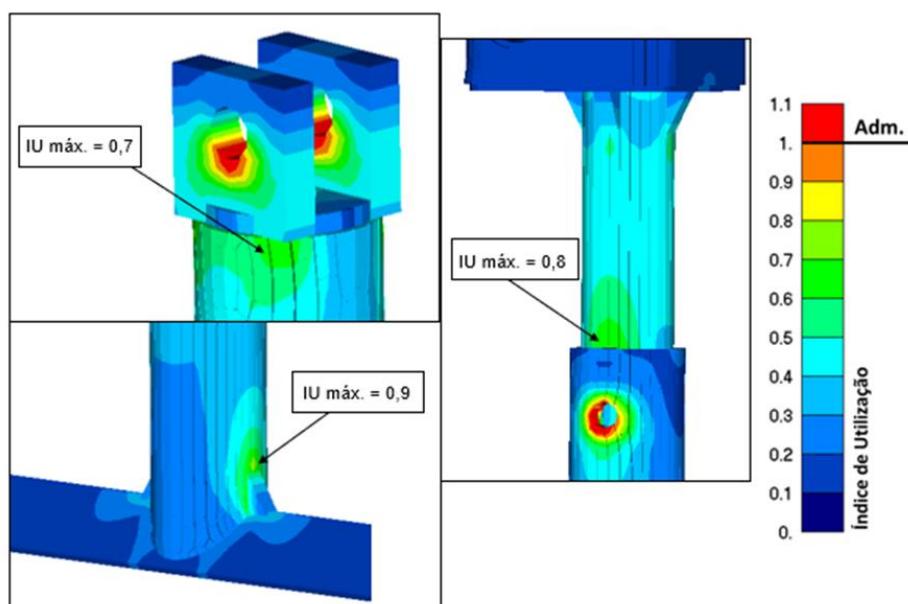


Figura 52: Resultado da verificação de estado limite último da estrutura original - detalhes.

3.5 ESTRUTURAS DE SEGURANÇA

3.5.1 Gaiola Pneus fora de estrada

Motivação da análise: Assegurar confiabilidade de um dispositivo de proteção utilizado durante a calibração de pneus de fora de estrada.

Desenvolvimento: Verificação com base nas recomendações da OSA 1910.177, DNVGL-RP-C208 e AISC-360-16.

Resultados alcançados: Identificação de não conformidade e adequação da especificação das soldas traseiras da gaiola [aumento do tamanho do filete].

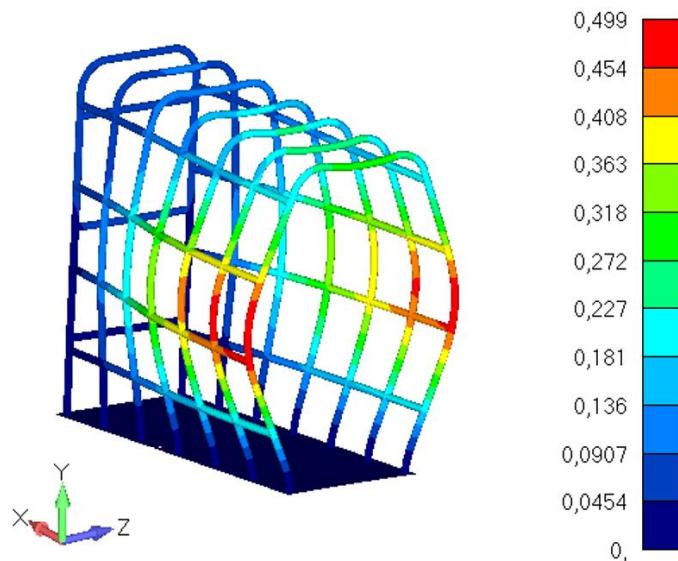


Figura 53: Resultado de deslocamentos da estrutura no caso de explosão do pneu durante o enchimento.

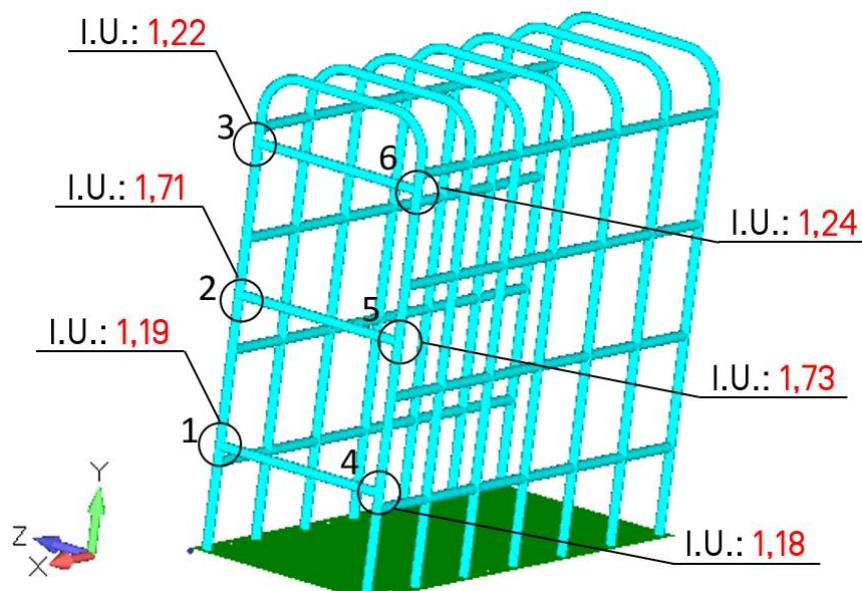


Figura 54: Soldas não conformes a serem reespecificadas.

3.5.2 Linha de vida

Motivação da análise: Projetar um dispositivo de linha de vida para garantir a segurança de um usuário em um possível acidente derivado de trabalho em altura.

Desenvolvimento: Verificação e critérios de projeto com base nas normas NBR 16325 parte I e II, AISC 360-16, NBR 8800 e especificação do cabo de aço com base no manual técnico da CIMAF.

Resultados alcançados: Detalhamento do projeto da linha de vida com emissão de memorial de cálculo atestando sua capacidade estrutural.

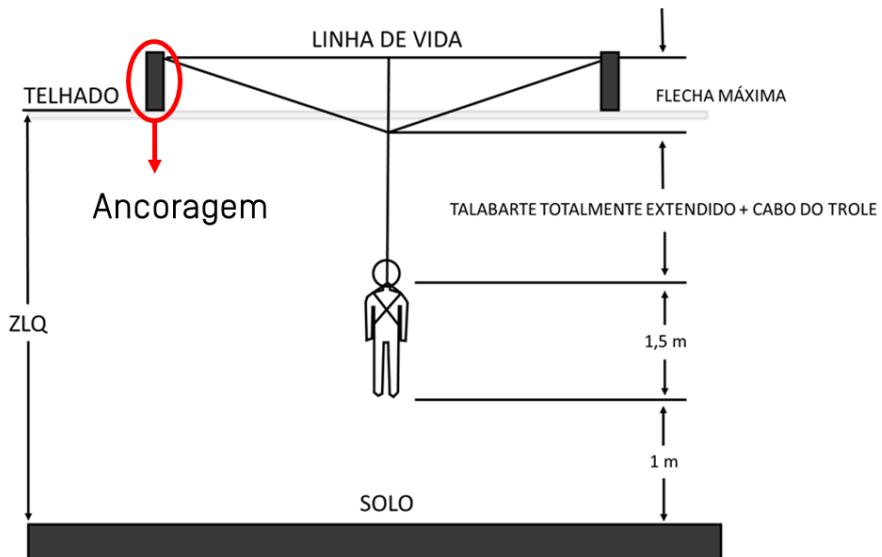


Figura 55: Esquema de funcionamento da linha de vida.

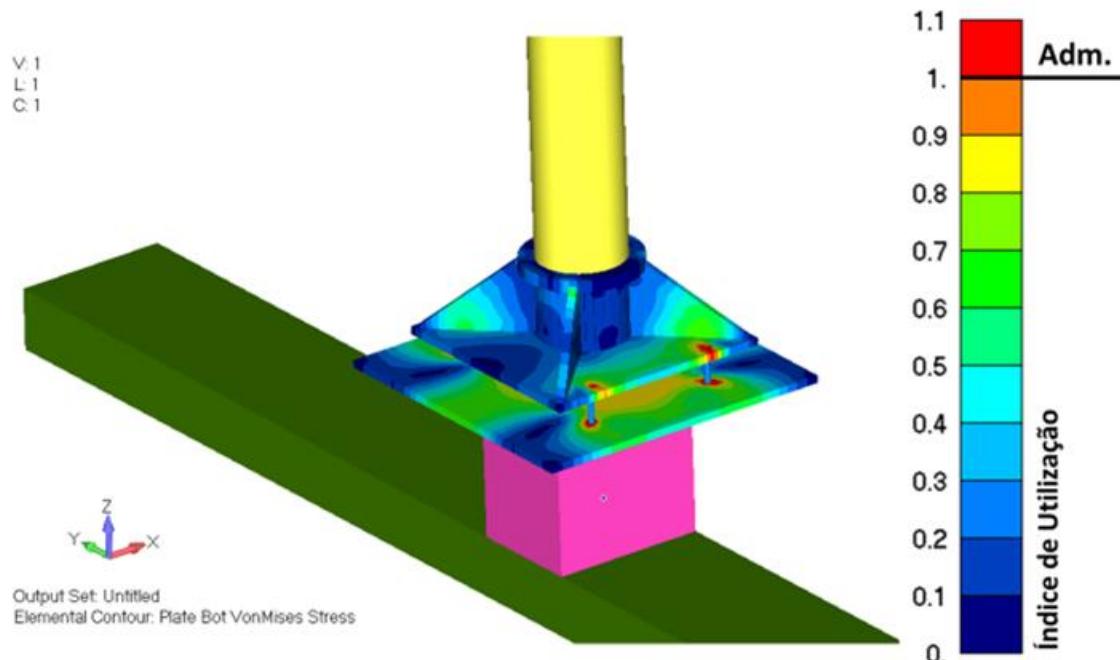


Figura 56: Resultado da análise estática do ponto de ancoragem do sistema de linha de vida.

3.6 AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO

3.6.1 Moega de um descarregador de navios

Motivação da análise: Quinas das moegas com histórico de nucleação de trincas.

Desenvolvimento: Análise de tensões e fadiga conforme Eurocode 3. Cargas de enchimento e impacto calculadas conforme AS3774.

Resultados alcançados: Proposta de reforço aumentando a vida útil da estrutura e garantindo a sua integridade estrutural.

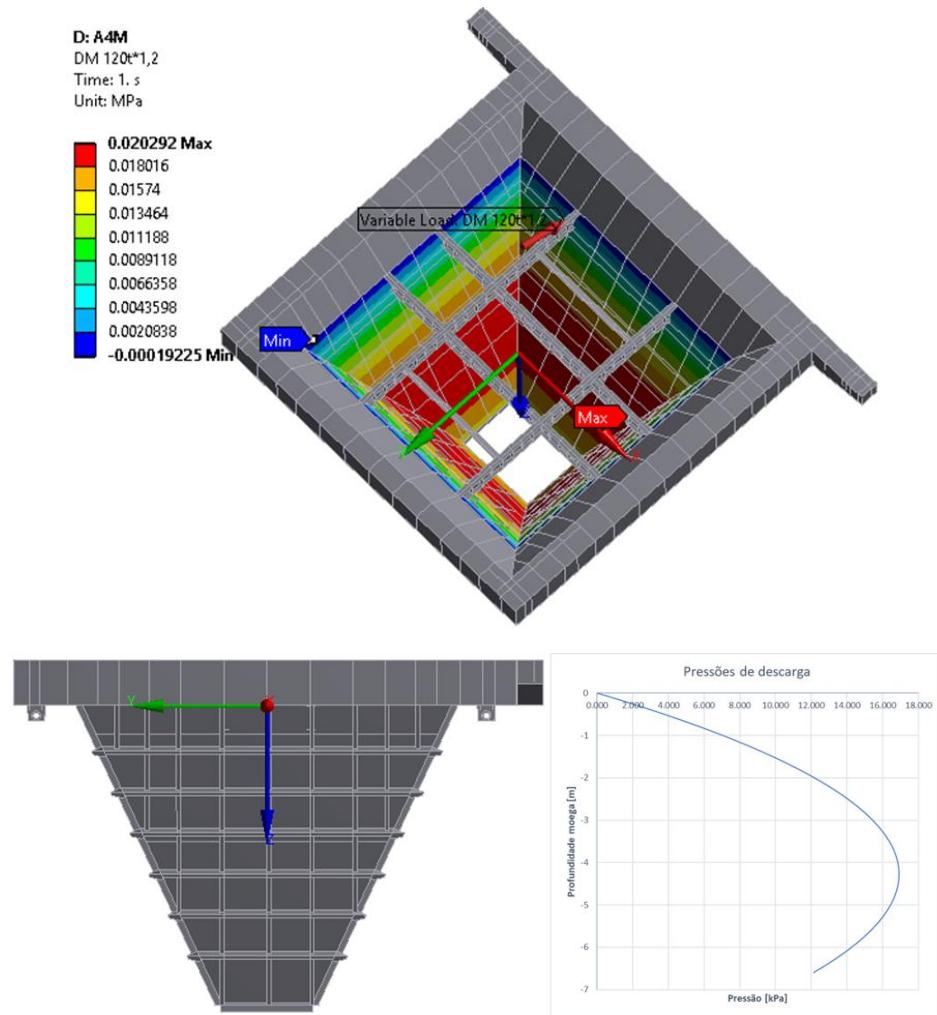


Figura 57: Pressões de descarga atuantes na moega calculados conforme AS3774.

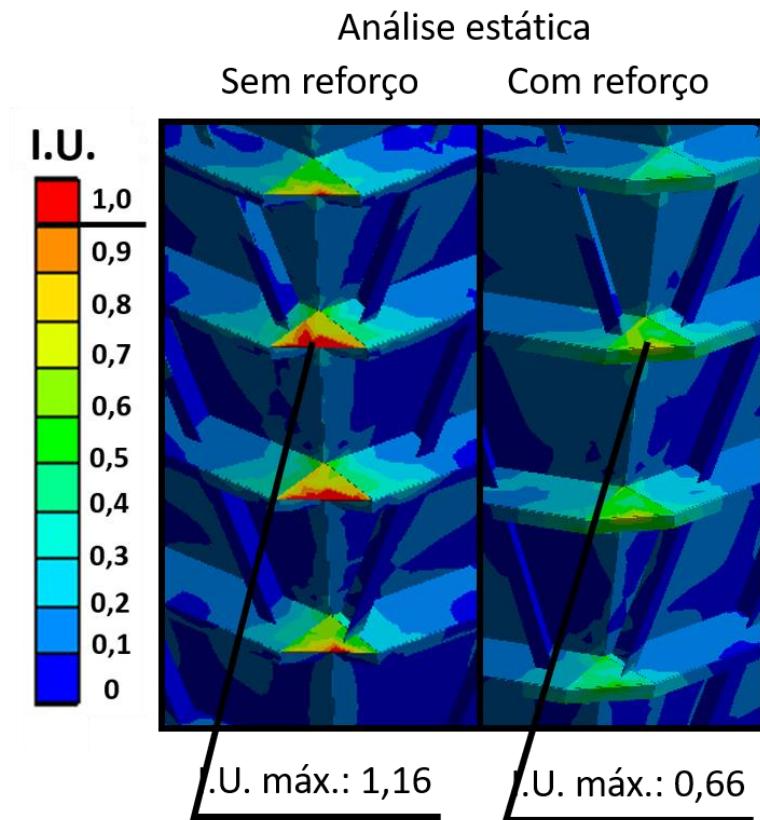


Figura 58: Resultado da análise estática da moega considerando a estrutura original [acima] e a estrutura reforçada [abaixo].

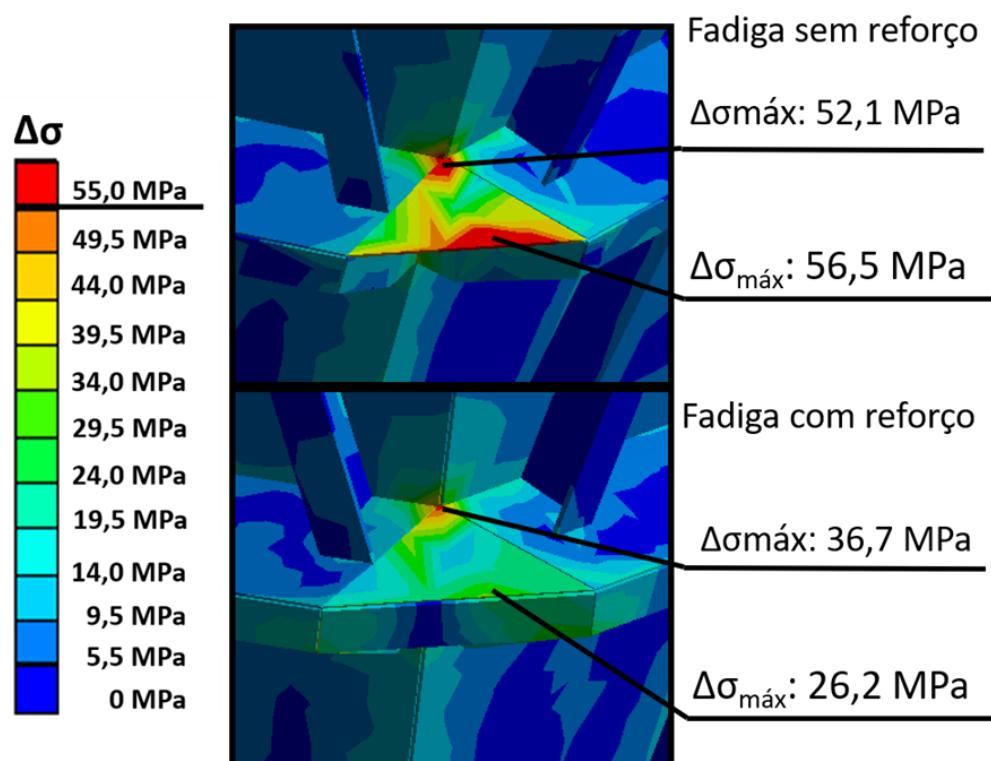


Figura 59: Resultado da análise de fadiga da moega considerando a estrutura original [acima] e a estrutura reforçada [abaixo].

3.6.2 Tanque de armazenamento de 8000 m³ de água

Motivação da análise: Estrutura inutilizada por um longo período com desejo de revitalização do proprietário.

Desenvolvimento: Carregamentos atuantes e análise de tensões conforme API650. A estabilidade de perfis de sustentação do teto conforme AISC-360-16.

Resultados alcançados: Apresentação de duas soluções: extensão de vida útil sem a necessidade de reforço indicando limites operacionais; adequação estrutural para operação segura com 100% da capacidade do tanque.

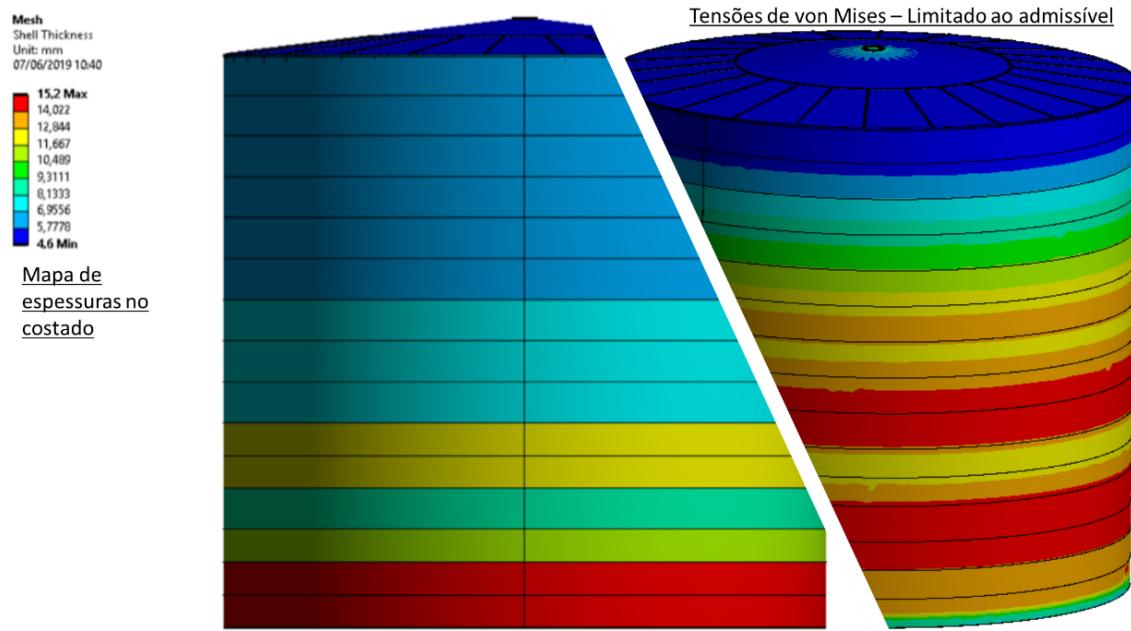


Figura 60: Mapa de espessuras no costado advindo de levantamento [esquerda] e tensões atuantes na estrutura [esquerda] em suas condições de campo.

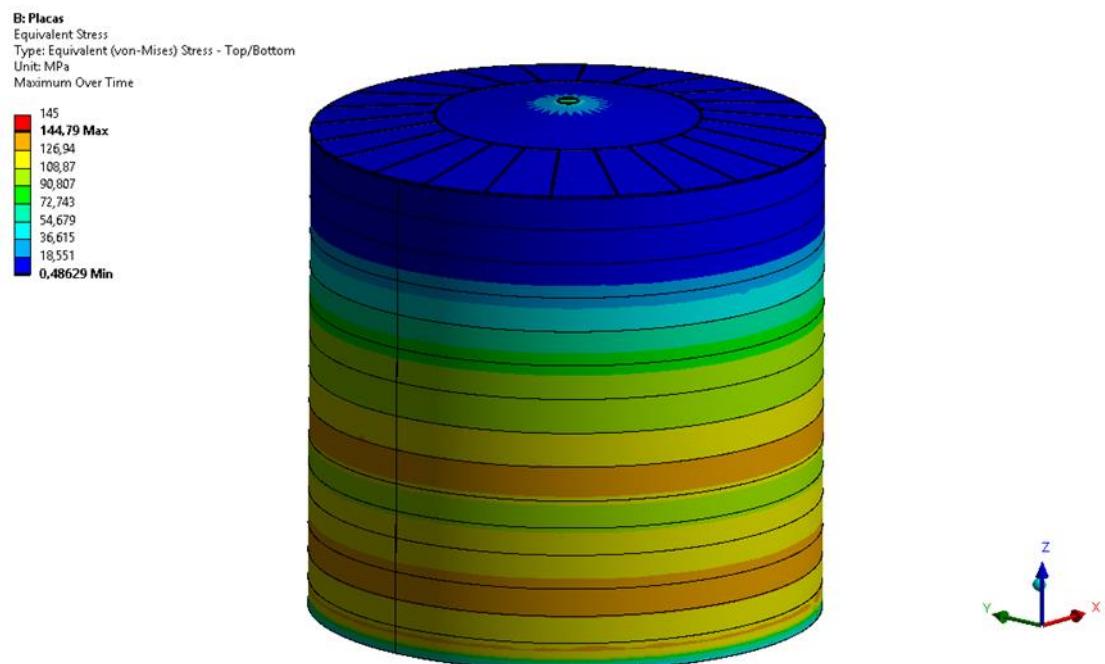


Figura 61: Tensões atuantes na estrutura reforçada.

3.7 CONSTRUÇÃO CIVIL

3.7.1 Galpões Metálicos

Motivação da análise: Avaliação de integridade estrutural de galpões metálicos para carga adicional devido à instalação de painéis fotovoltaicos em sua cobertura.

Desenvolvimento: Verificação dos perfis metálicos conforme normas NBR 8800, NBR 6123, NBR6120, NBR 14762, AISI-96 e AISC-360-16.

Resultados alcançados: Projeto para instalação de reforços para adequação da estrutura para instalação dos painéis, emissão de laudo técnico e registro de ART conforme determinações CREA / CONFEA.

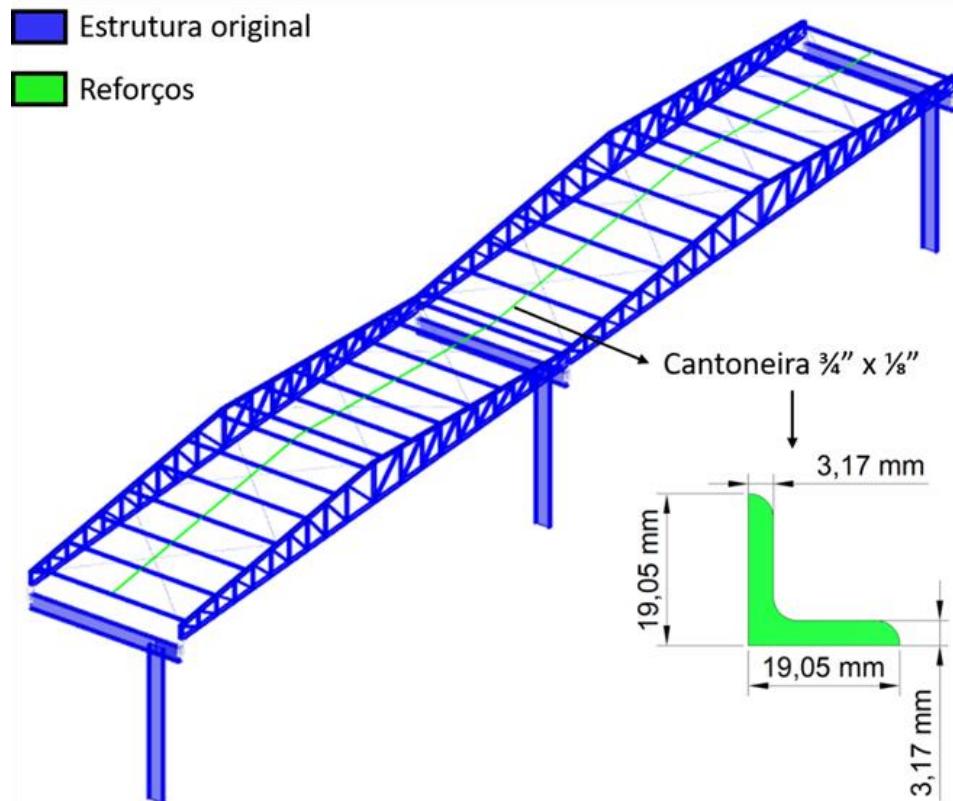


Figura 62: Reforço proposta para a estrutura do galpão analisado.

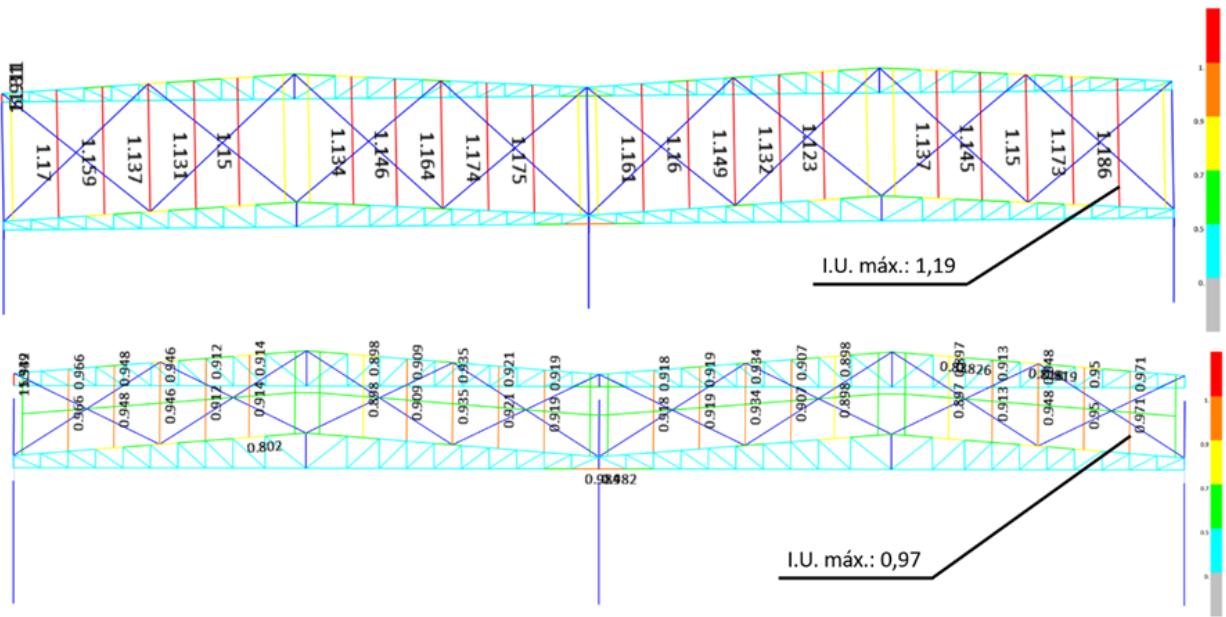


Figura 63: Comparativo dos perfis formados a frio do galpão sem [acima] e com reforços [abaixo].

Motivação da análise: Avaliar o dimensionamento estrutural do galpão e propor reajustes no projeto afim de possibilitar a redução de peso e adequação às exigências de norma.

Desenvolvimento: Verificação dos perfis metálicos conforme normas NBR 8800, NBR 6123, NBR6120, NBR 14762, AISI-96 e AISC-360-16.

Resultados alcançados: Propostas alterações nos banzos das tesouras [originalmente reprovados] para adequação estrutural e redução de peso nas colunas respeitando-se os fatores de segurança mínimos requeridos por norma. A nova configuração proposta reduziu o peso em **2804 kgf** e se encontra em conformidade estrutural.

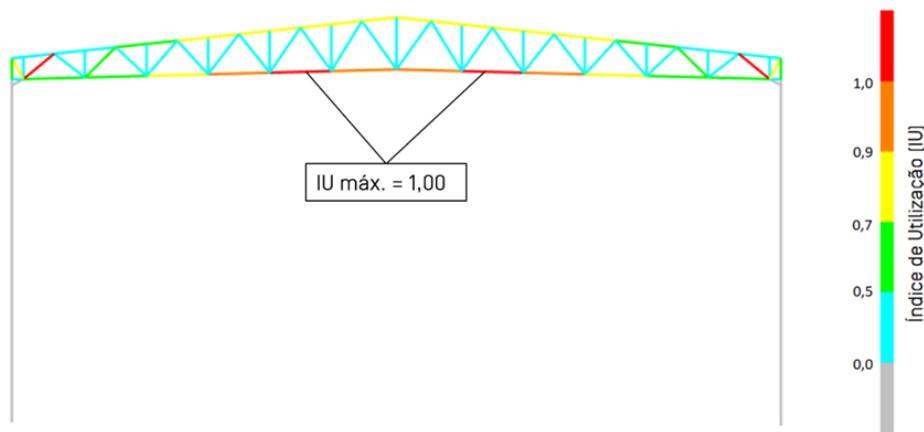


Figura 64: Índice de Utilização – Tesoura modificada.

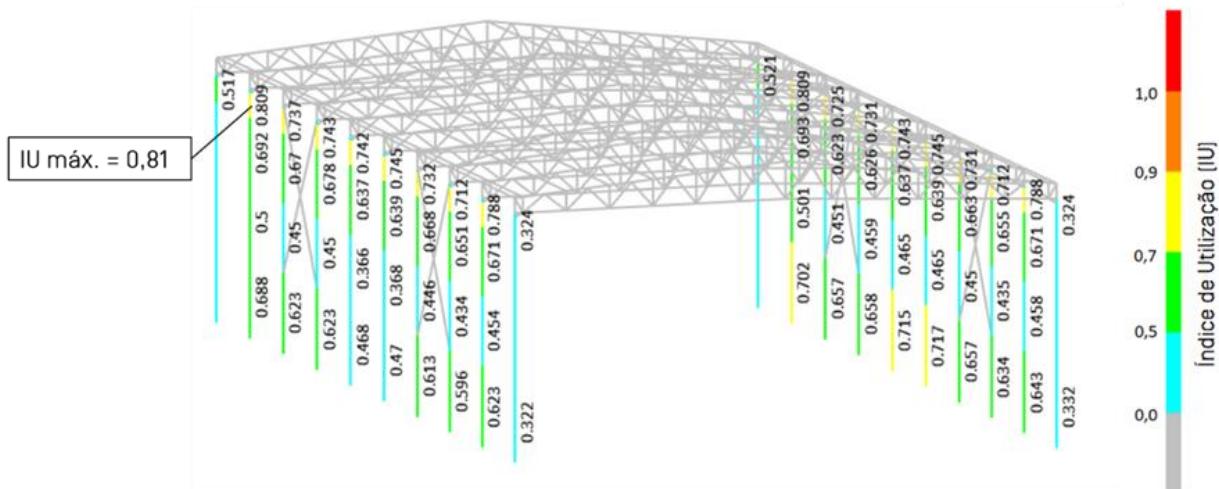


Figura 65: Índice de Utilização – Coluna modificada.

3.8 COMPONENTES E SISTEMAS MECÂNICOS

3.8.1 Sistema de despoeiramento

Motivação da análise: Projetar novo sistema de despoeiramento de uma unidade de britagem primária para redução de particulados [sistema instalado ineficaz].

Desenvolvimento: Projeto baseado no livro *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice* [ACGIH, 1998] e nas normas NR-15, NBR12019, NBR 16101:2012, NBR 14679, ISO 10816-3 e BS 848.

Resultados alcançados: Repotenciamento do sistema minimizando a presença de particulados suspensos.

Tabela 1: Comparativo dos sistemas de despoeiramento original e projeto HRD.

	Sistema original	Projeto HRD	Unidade
Volume filtrado	7.920	16.000	Nm ³ /h
Velocidade de fluxo	17,8	25,0	m/s
Potência requerida	21,7	38,0	cV

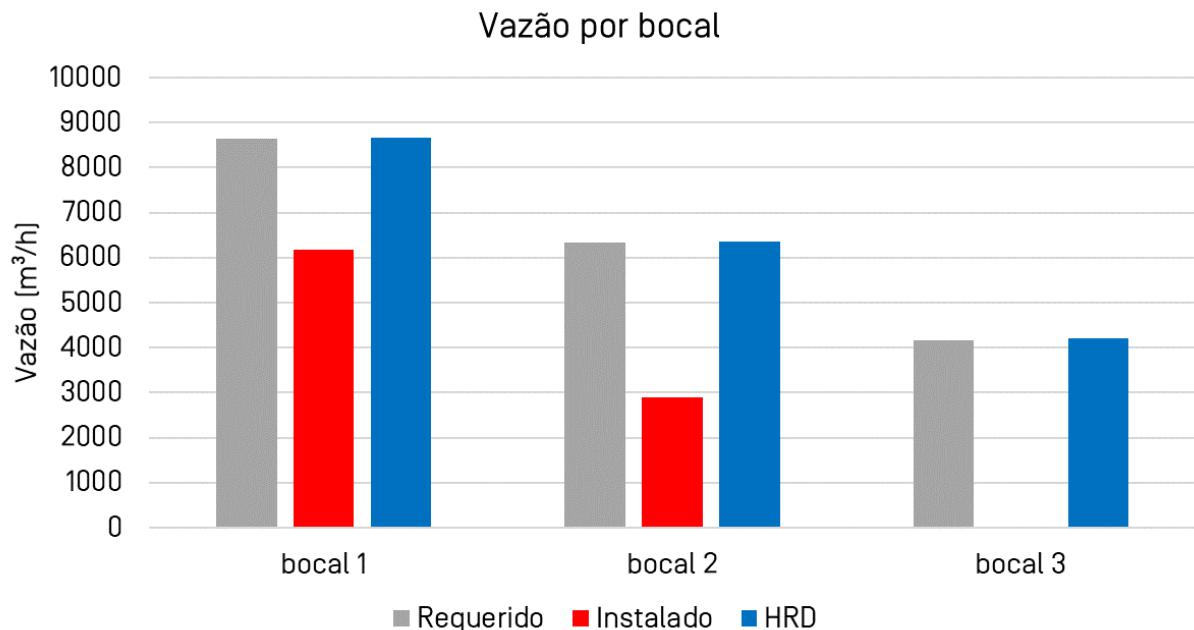


Figura 66: Comparativo entre as vazões por bocal do projeto original do sistema de despoeiramento e o novo projeto HRD.

3.9 ANÁLISE CFD

3.9.1 Recuperadora

Motivação da análise: Reprojeto da tubulação de retorno e refrigeração de um sistema de acionamento hidráulico que apresentava elevada pressão de saída no cooler e com histórico de falha em campo.

Desenvolvimento: Simulação CFD de regiões críticas [onde cálculo teórico não é bem representativo] do caminho de tubulação do óleo para o sistema original e caminho alternativo [by-pass] proposto em campo.

Resultados alcançados: Novo projeto de tubulação reduzindo perda de carga em mais de 50%, solucionando o problema e aumentando a eficiência do sistema.

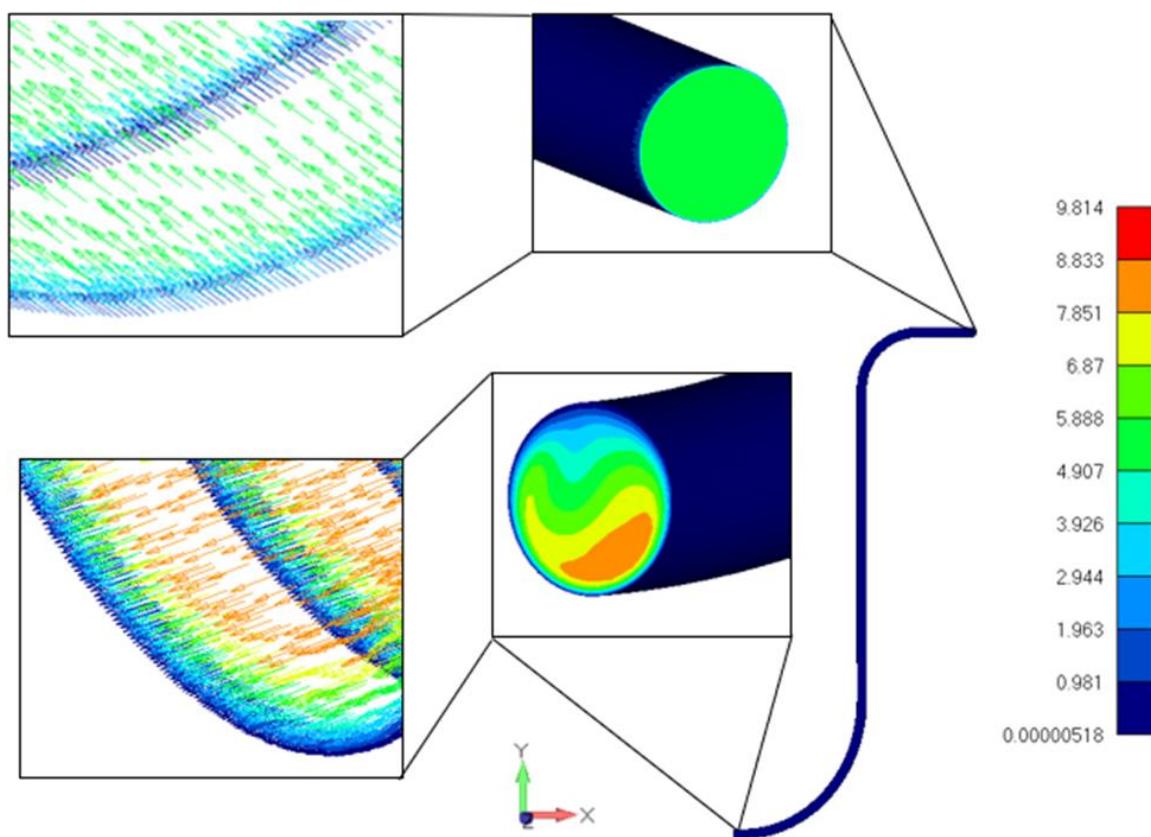


Figura 67: Perfil de velocidade do fluido nas seções de entrada de saída.

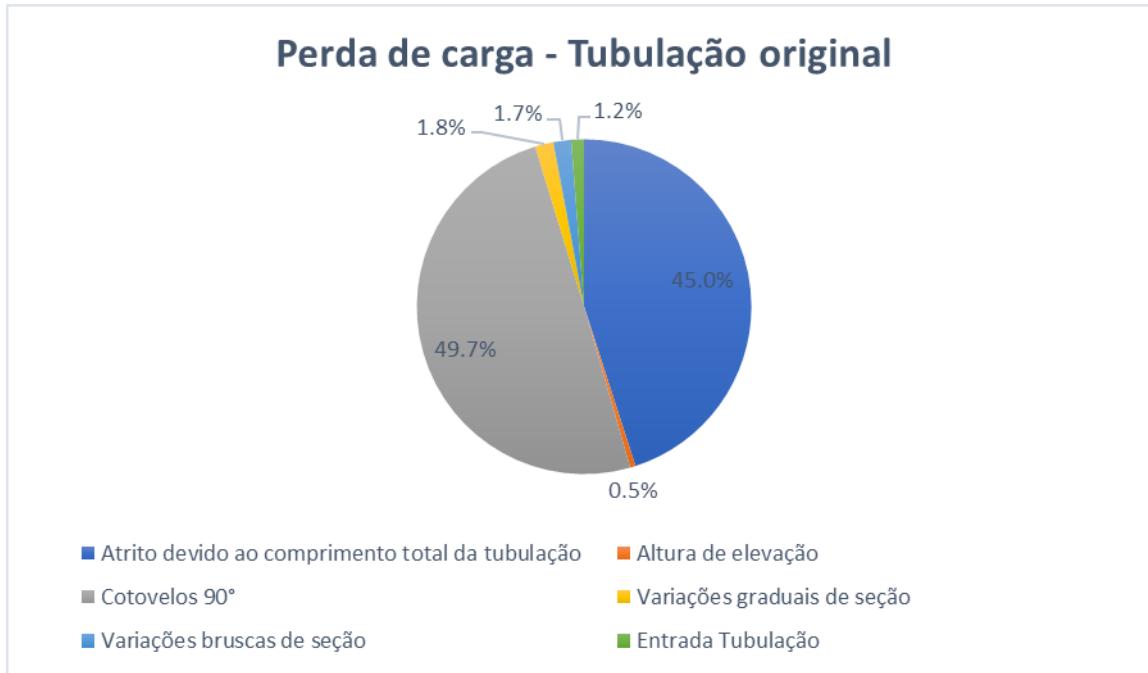


Figura 68: Porcentagem da perda de carga por região na tubulação original.

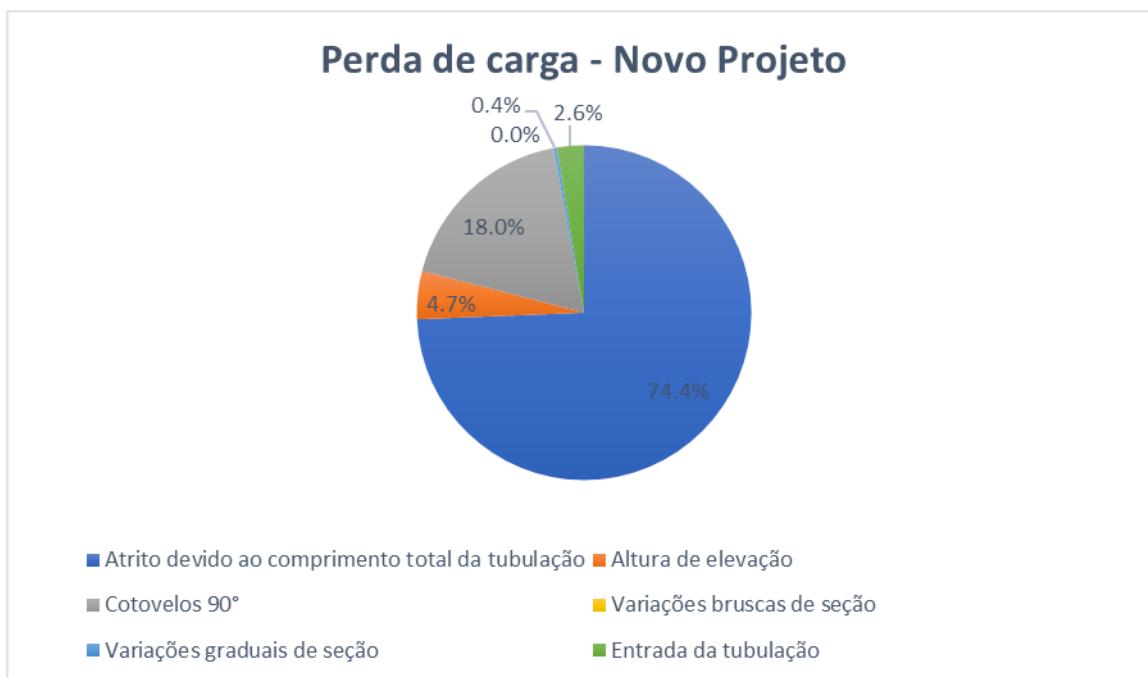


Figura 69: Porcentagem da perda de carga por região no novo projeto.

3.10 ANÁLISE DEM

3.10.1 Chute de Transferência

Motivação da análise: Reduzir a geração de poeira nos chutes de transferência de uma usina de pelotização.

Desenvolvimento: Estudo da trajetória do material, análise via Método dos Elementos Discretos [DEM] da transferência existente [modelo Caixa de Pedra] e proposta de um novo conceito de chute [modelo Hood-Spoon].

Resultados alcançados: Redução da quebra de pelotas [geração de particulados], redução do desalinhamento e desgaste da correia, estabilidade do fluxo e garantia de não entupimento.

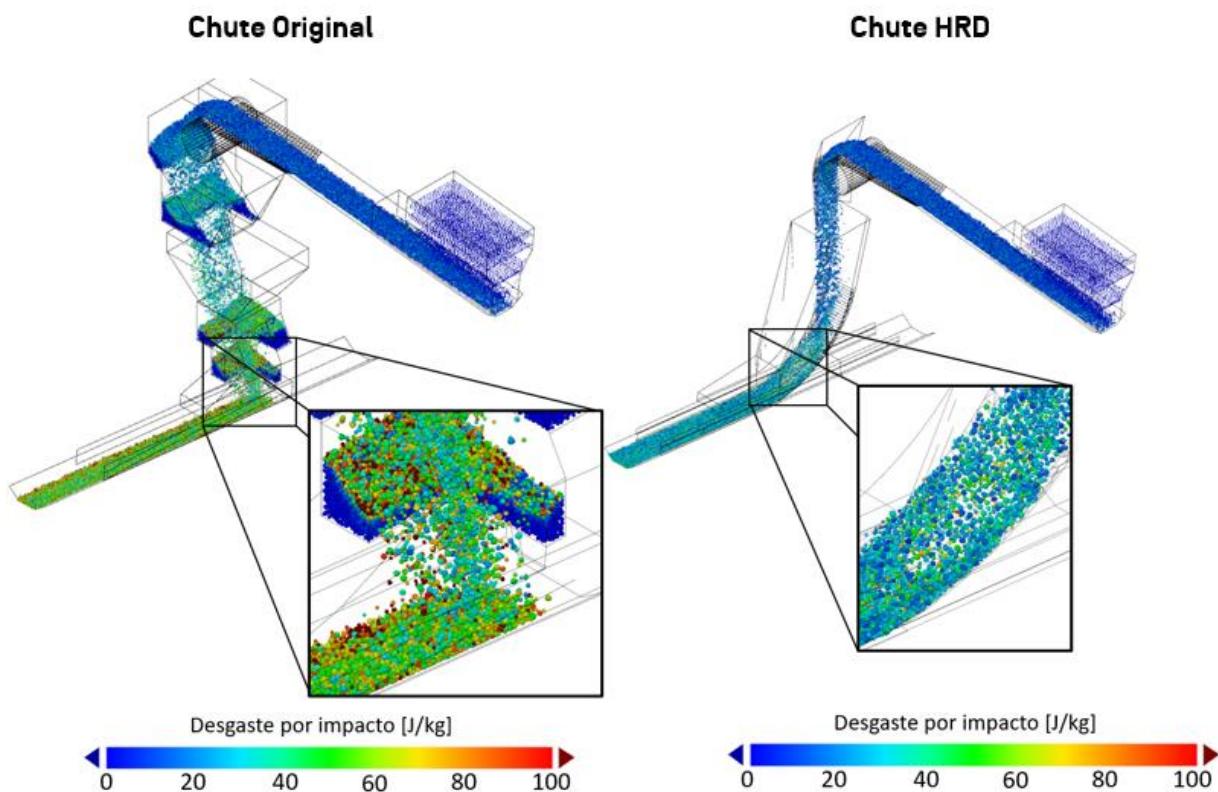
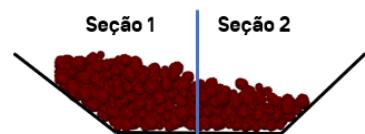
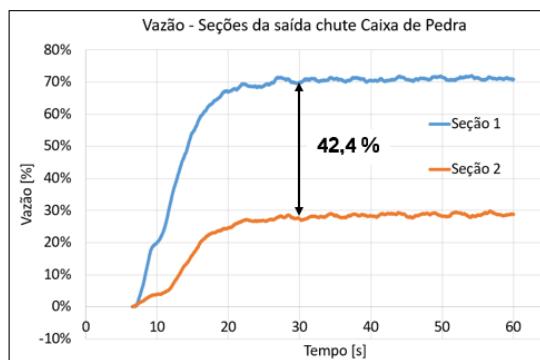


Figura 70: Comparação de desgaste por impacto nas pelotas entre o Chute Original e o Chute proposto pela HRD.

Chute Original



Chute HRD

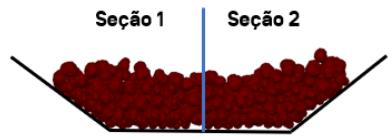
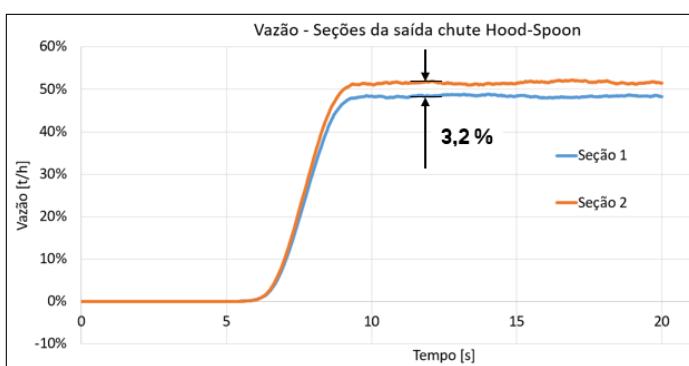


Figura 71: Vazão de material na correia de recebimento. Comparação entre o Chute Original e o Chute proposto pela HRD.

3.11 REDUÇÃO DA EMISSÃO DE PARTICULADOS

3.11.1 Projeto conceitual para redução da emissão de particulados

Motivação da análise: Diminuição do impacto ambiental e aumento na segurança do trabalho através da redução da emissão de particulados em uma usina de pelotização.

Desenvolvimento: Adequações e modificações das transferências e transportadores de correia, estudo da eficiência dos sistemas de exaustão e filtragem do pó, projeto conceitual para adequação de tubulações, processos e sistemas de utilidades.

Resultados alcançados: Redução da emissão de particulados para adequação aos requisitos do CONAMA, redução da perda de material difuso e aumento de segurança operacional.

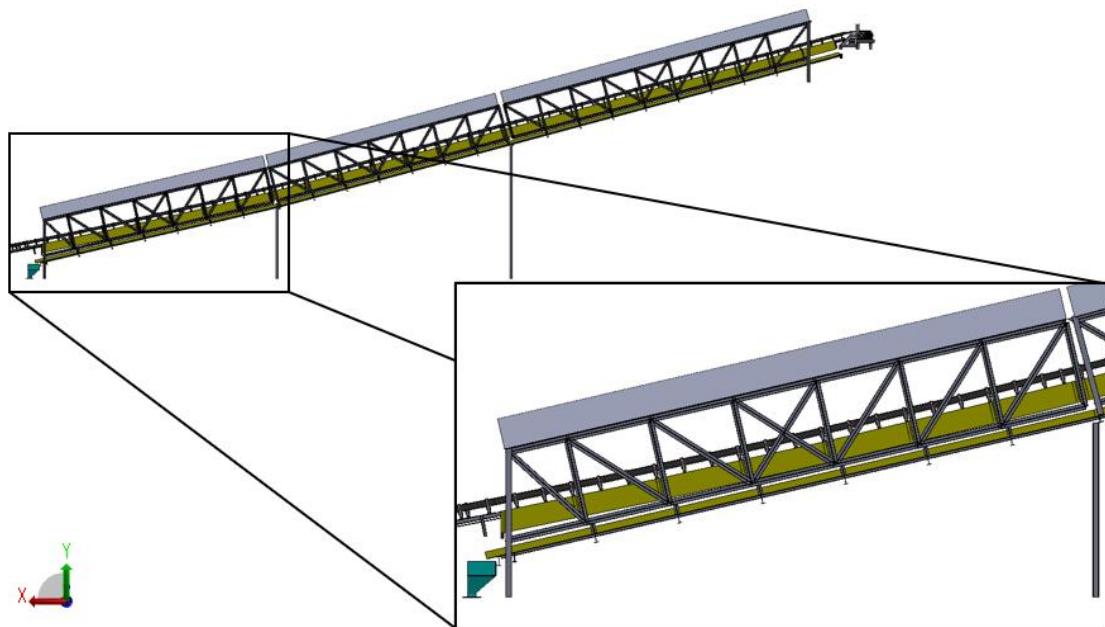


Figura 72: Projeto de calha fluidizada instalado no transportador de correia –
Modelo CAD 3D.

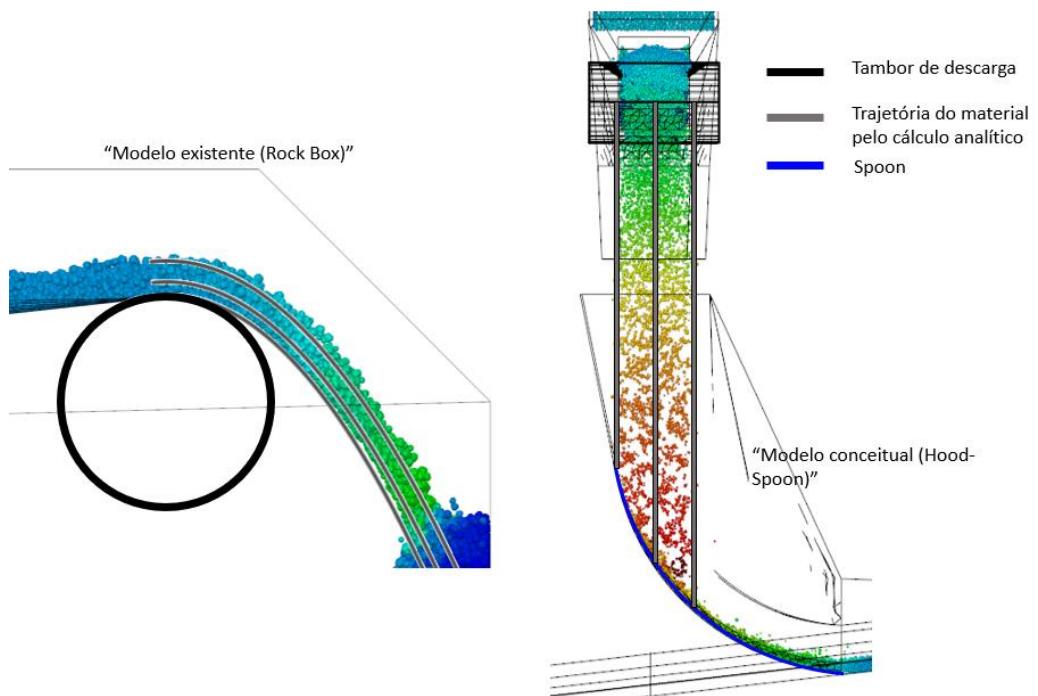


Figura 73: Reengenharia de chutes de transferência com aplicação do modelo Hood-Spoon – análise DEM.

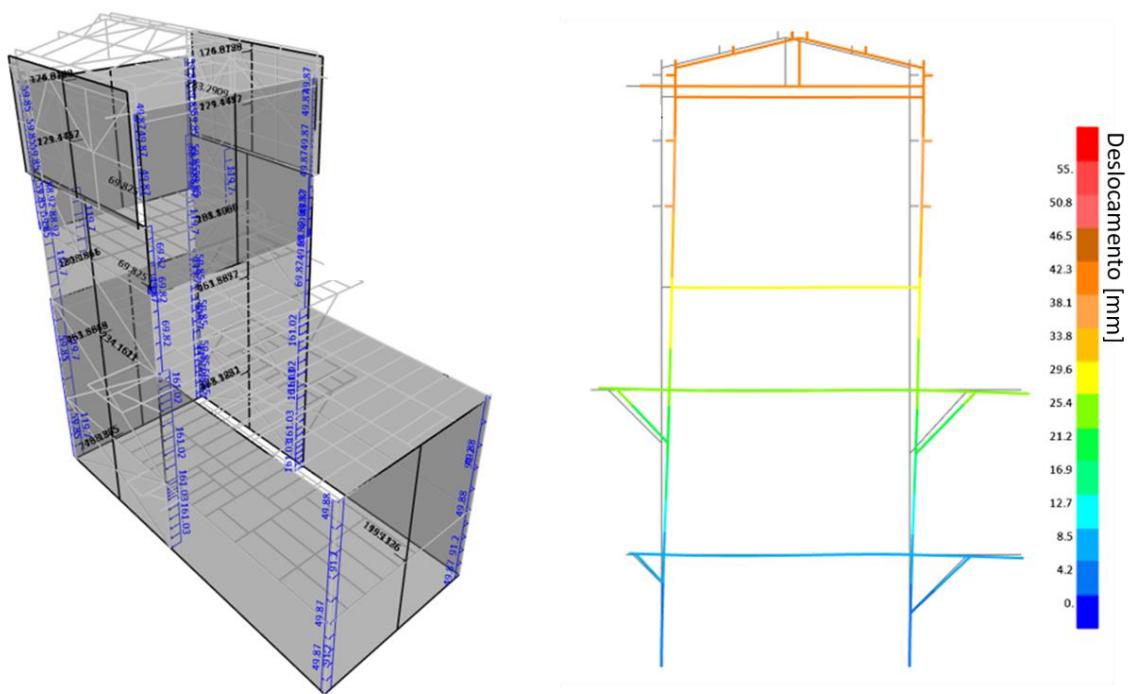


Figura 74: Tapamento das casas de transferência para diminuição do fluxo de ar no seu interior - verificação estrutural devido ao acréscimo da carga de vento na estrutura.

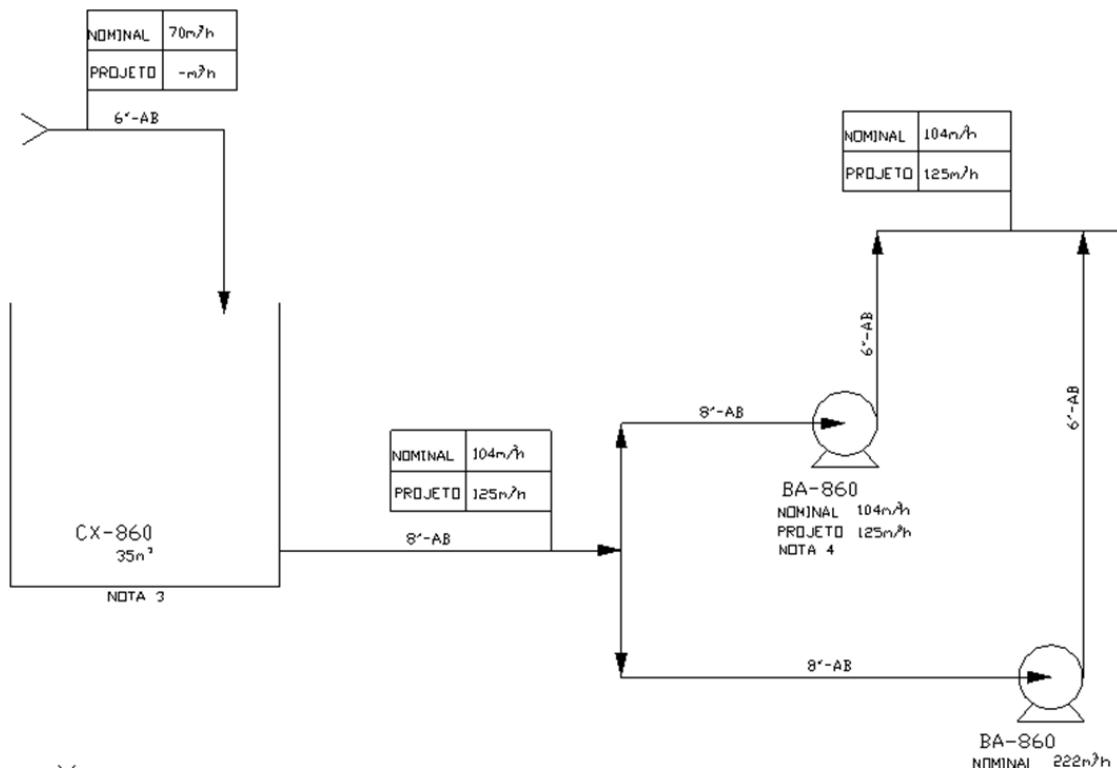


Figura 75: Projeto de sistemas de tubulações – elaboração de desenho técnico.

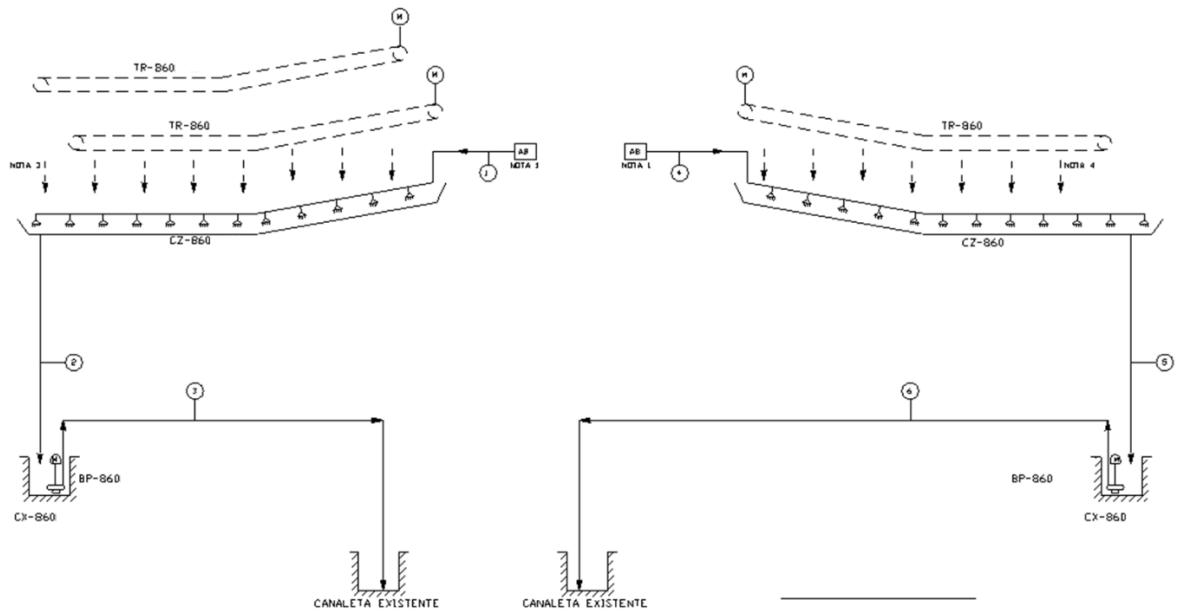


Figura 76: Fluxograma dos processos relativos à adição de calha fluidizada em transportadores de correia.

3.12 MODELAGEM CAD 3D

3.12.1 Fixação de painéis fotovoltaicos

Motivação da análise: Necessário projeto de estrutura para fixação de painéis fotovoltaicos em telhado de concreto.

Desenvolvimento: Brainstorm e discussão conceitual, dimensionamento da estrutura conforme NBR-8800 e AISC-360, elaboração de modelo CAD 3D e desenhos 2D de fabricação.

Resultados alcançados: Previsibilidade das interferências de montagem, lista de material preciso para avaliação da viabilidade do projeto, visual do projeto para aprovação da diretoria do cliente e discussão técnica da ordem de montagem e estratégias de içamento das peças.

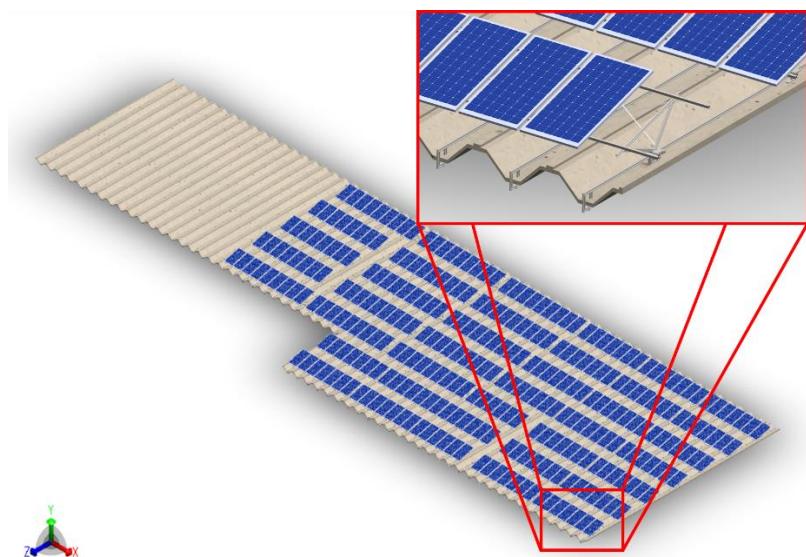


Figura 77: Estrutura de suporte de painéis fotovoltaicos [montagem e estrutura] – modelo CAD 3D.

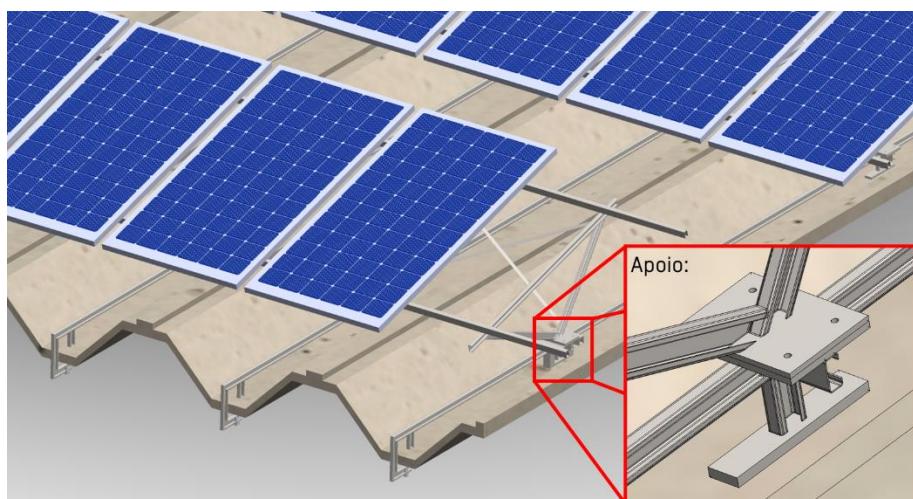


Figura 78: Estrutura de suporte de painéis fotovoltaicos [detalhe do apoio] – modelo CAD 3D.

3.12.2 Retenção de material em porto

Motivação da análise: Impacto ambiental com emissão de finos e queda de material incrustado ao mar durante procedimento de limpeza do carregador de navios.

Desenvolvimento: Definição de pontos otimizados para instalação de raspadores, lavadores e projeto 2D e 3D de calhas para retenção de finos e material desprendido.

Resultados alcançados: Gêmeo digital da máquina agregado e atualizado com modelos 3D produzidos e cobertura de 60% da área passível de queda com calhas.

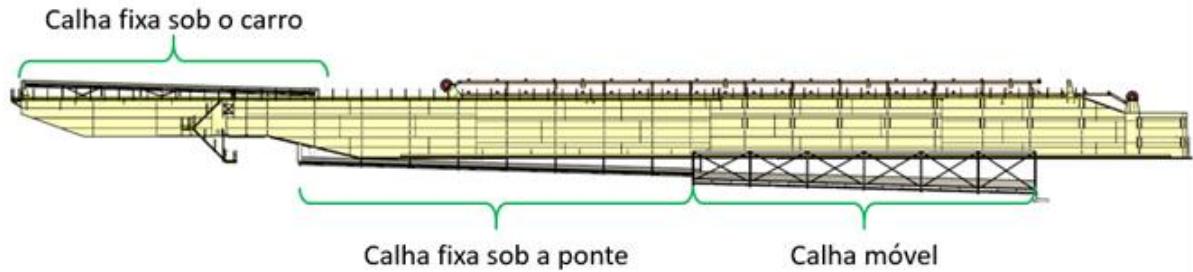


Figura 79: Estruturas das calhas fixadas na máquina [posição avançada] – modelo CAD 3D.

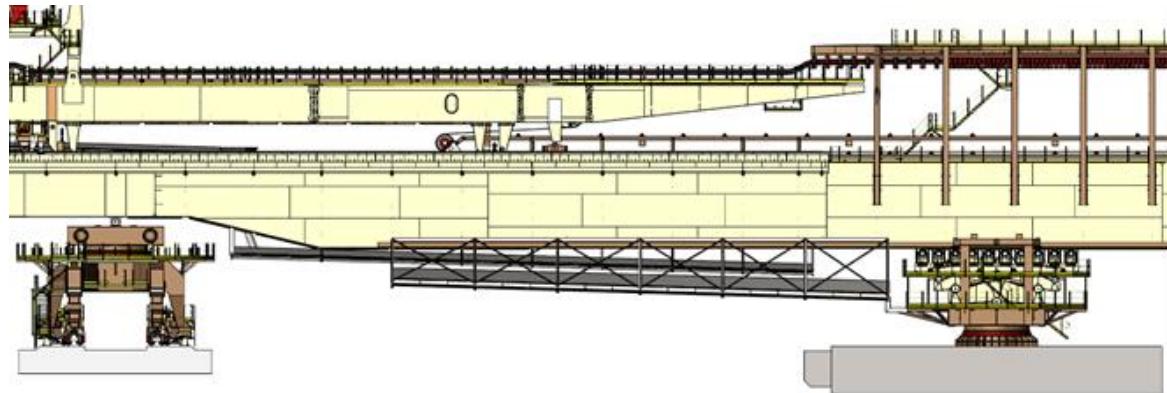


Figura 80: Estruturas das calhas fixadas na máquina [posição recuada] – modelo CAD 3D.

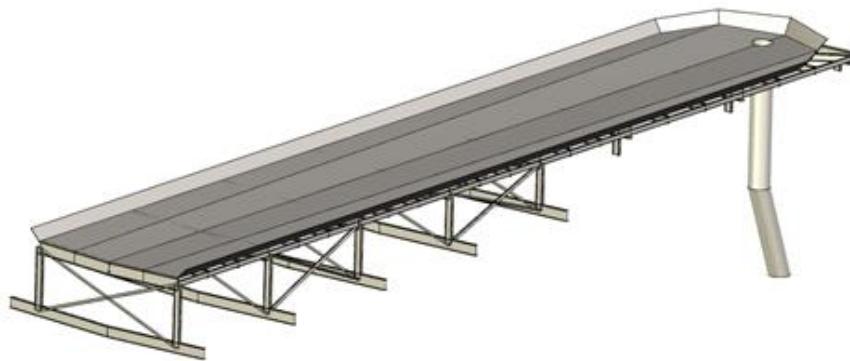


Figura 81: Detalhe da estrutura da calha fixa sob o carro – modelo CAD 3D.

3.12.3 Portaria de Condomínio

Motivação da análise: Necessidade de uma estrutura de cobertura para portaria de um condomínio para proteção contra chuva e outras avarias.

Desenvolvimento: Brainstorm e discussão conceitual, dimensionamento da estrutura conforme NBR-8800 e AISC-360, elaboração de modelo CAD 3D e desenhos 2D de fabricação.

Resultados alcançados: Projeto estrutural com elevada confiabilidade seguindo requisitos arquitetônicos, lista de material precisa para fabricação e digitalização do projeto.

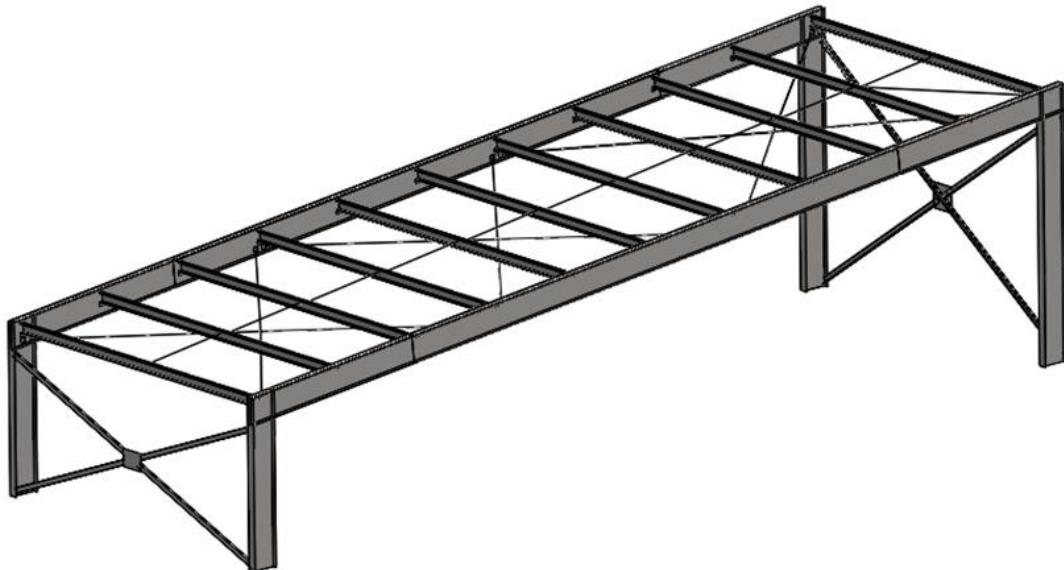


Figura 82: Estruturas da cobertura – modelo CAD 3D.

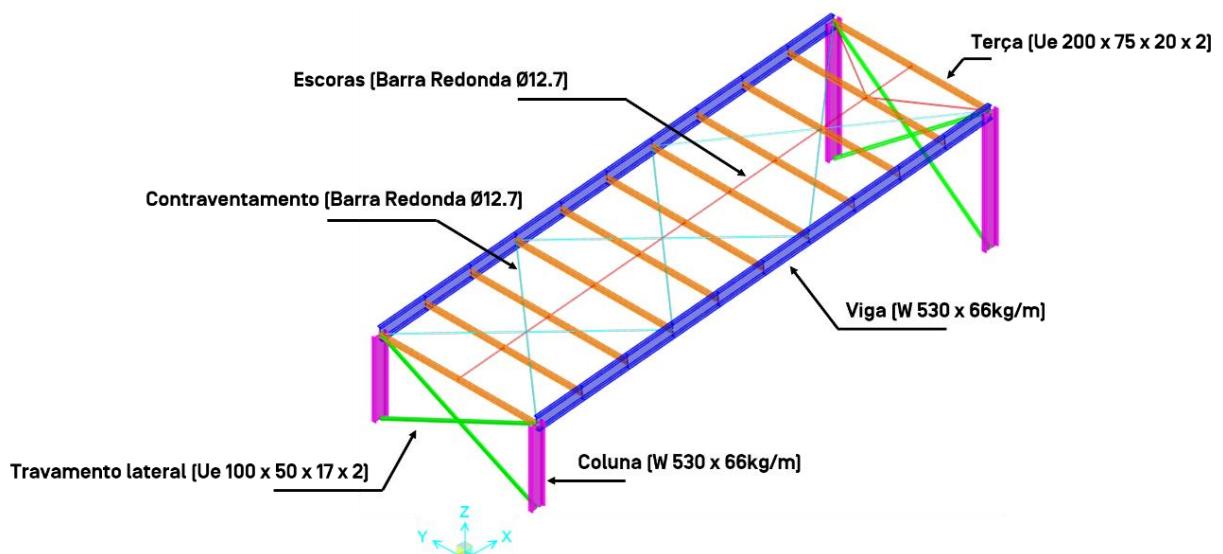


Figura 83: Estruturas da cobertura – modelo em elementos finitos.

3.12.4 Equipamento de elevação de carga

Motivação da análise: Ineficiência na instalação de equipamentos em telhados – muito tempo e mão de obra empregados na elevação segura de cargas, soluções de mercado com alto custo de aquisição.

Desenvolvimento: Brainstorm e discussão conceitual, dimensionamento estrutural e mecânico e elaboração de modelo CAD 3D completo.

Resultados alcançados: Lista de material precisa para avaliação da viabilidade do projeto, visual do projeto com animações para aprovação do cliente, taxa de elevação de até 100 módulos fotovoltaicos por hora.

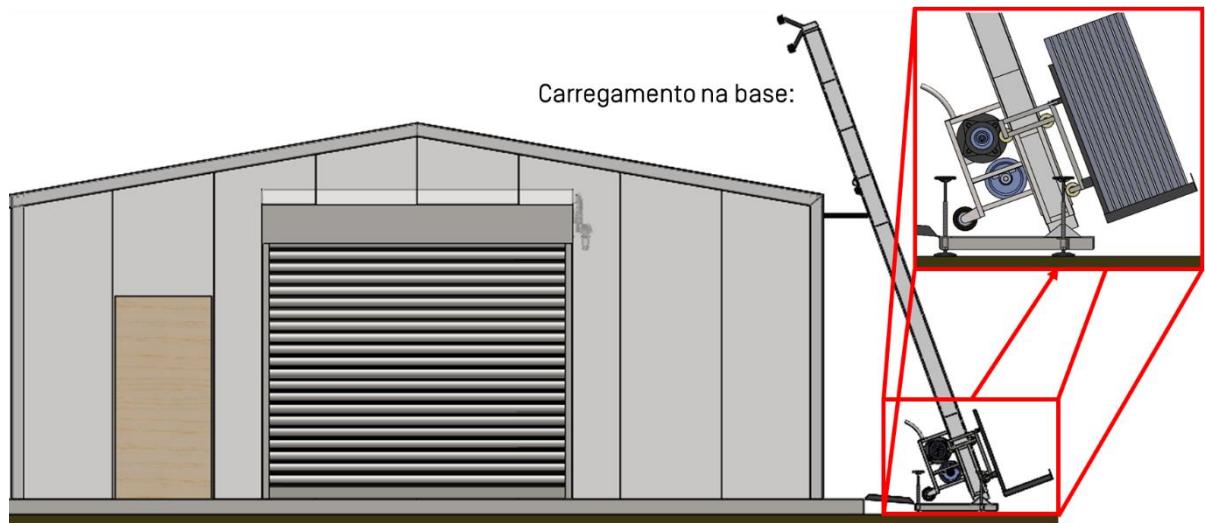


Figura 84: Elevador de cargas [carregamento] – modelo CAD 3D.

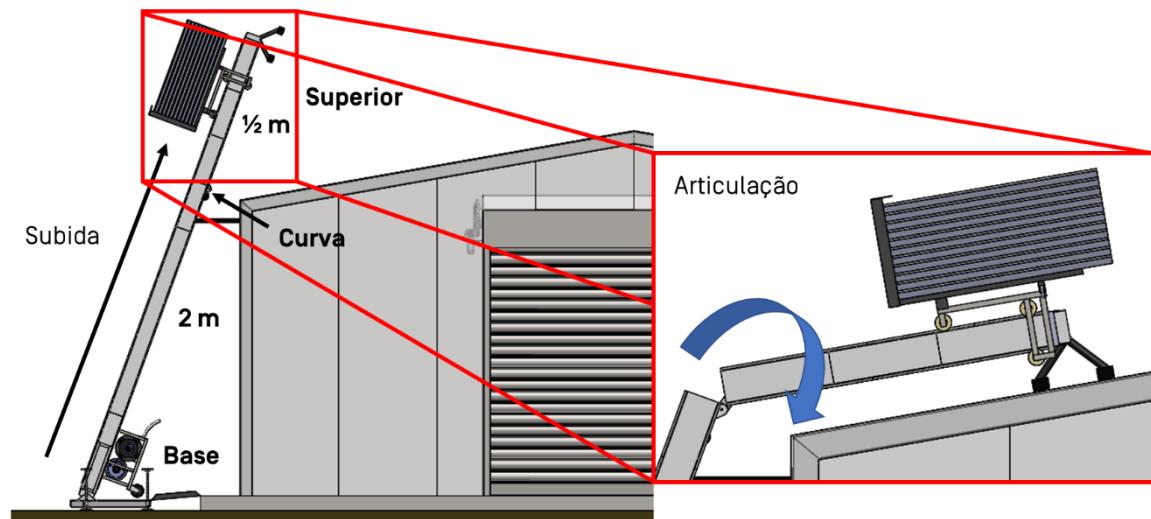


Figura 85: Elevador de cargas [subida e articulação] – modelo CAD 3D.