

TÍTULO

CLIENTE

UNIDADE RESPONSÁVEL

Unidade de Negócios em Energia - EN
Laboratório de Infraestrutura em Energia - LInE

RESUMO

Palavras-chave: instrumentação; engate; longarina;.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	PROCEDIMENTO DO TRATAMENTO DE DADOS	2
2.1	Localização dos extensômetros posicionados na longarina	4
2.2	Flexão do engate e transdutores de proximidade	5
3	RESULTADOS DOS ENSAIOS	6
3.1	Estatísticas do sinal completo	6
3.2	Estatísticas do sinal com os trechos de pressão abaixo de 60 psi eliminados	11
3.3	Parâmetros operacionais críticos	11
3.3.1	Choque tipo 1	11
3.3.2	Choque tipo 2	33
3.3.3	Esforços críticos	55
3.3.4	Gráficos gerais das viagens	72
3.3.5	Gráficos com detalhes de esforços contínuos e eventos de destaque	84
3.3.6	Gráficos com a análise de Markov	120
3.3.7	Fim de curso lateral do engate	187
3.3.8	<i>Rainflow</i> dos trechos	196
4	Comentários finais	208

1 INTRODUÇÃO

Atendendo a um questionamento levantado pela ???, relacionado aos resultados obtidos em ensaios anteriores, foi acordado que após o IPT instrumentar dois novos engates os engates que estão em campo seriam trazidos ao laboratório para a realização da verificação da calibração.

Após a realização da verificação em tração, compressão e flexão, observou-se que realmente, conforme levantado pela ???, os engates que sofreram vandalismos durante o ensaio estavam com suas respostas alteradas em relação á calibração original.

Este relatório refere-se ao tratamento de dados aplicando os resultados obtidos na verificação da calibração realizada. Por solicitação da ???, foram priorizadas as viagens mais recentes para a verificação dos resultados obtidos.

Este relatório possui as viagens realizadas entre os dias 08/09/2022 a 18/10/2022. As informações das viagens tratadas estão detalhadas na Tabela 1.

As viagens ?? (OS 1858950) e ?? (OS1865269) possuem os dados do vagão ?????? (engate F) parciais devido a falta de energia antes do término da viagem.

Tabela 1 – Nome da composição e informações da viagem

Prefixo	OS	Data/hora inicial	Data/Hora final	Trem Tipo	Origem	Destino	Quantidad e de Vagões	Lotaçã o (TU)
??	1858950	08/09/2022 12:05	12/09/2022 08:20	120 grão	TRO	PSN	121	15.000
??	1862514	29/09/2022 00:03	01/10/2022 03:20	120 vazio	PSN	PSS	122	4.000
??	1862977	03/10/2022 09:12	06/10/2022 17:20	120 grão	??	PSS	121	15.000
??	1863992	06/10/2022 23:45	10/10/2022 11:50	120 vazio	PCZ	TRO	123	4.000
??	1865269	14/10/2022 21:44	18/10/2022 17:49	120 grão	TRO	PSN	120	15.000

Fonte: informações fornecidas pela ???

A Tabela 2 mostra a formação dos trens em cada uma das viagens.

Tabela 2 – Formação da composição

Prefixo	OS	Sentido	Posição ?????	Posição ????
??	1858950	Exportação	3	4
??	1862514	Importação	77	86
??	1862977	Exportação	103	113
??	1863992	Importação	70	60
??	1865269	Exportação	43	80

Fonte: informações fornecidas pela ???

Os vagões instrumentados possuem a identificação mostrada na Tabela 3.

Tabela 3 – Identificação dos vagões instrumentados

Nome do Engate instrumentado	Número do vagão
E	????-030917-6
F	?????-350357-7

Fonte: IPT

2 PROCEDIMENTO DO TRATAMENTO DE DADOS

A ocorrência de imprevistos durante a execução do ensaio alterou a resposta dos engates durante o ensaio, em comum acordo com a ???, foi executado um plano de ação na qual foram instrumentados dois novos engates para a substituição dos engates que estavam em campo. Após a troca dos engates instrumentados foi realizada a verificação da calibração em laboratório para a obtenção dos novos fatores de calibração dos engates.

Para análise dos dados, foi necessário um pré-processamento dos sinais adquiridos. Inicialmente, foi realizada a verificação dos sinais, remoção de *spikes*, remoção de offset dos canais de tração e flexão, sincronização, união de arquivos e posterior corte dos mesmos nas viagens de interesse. Em seguida os sinais de força, flexão, extensômetros e deslocamento foram submetidos a um filtro passa-baixas de 40 Hz, no domínio da frequência, para eliminar possíveis ruídos existentes nos mesmos, porém sem prejuízo ao sinal fundamental. O sinal de pressão foi mantido sem filtro.

Posteriormente, os dados provenientes do GPS (sinal de velocidade, latitude e longitude) foram utilizados para a localização aproximada do vagão na via. Tal procedimento consiste em buscar cada coordenada do GPS do trem em um banco de dados que correlaciona as coordenadas com a posição real e o tronco da via. As informações de correlação de coordenadas e localização real foram fornecidas pela ???.

Uma vez que a taxa de amostragem do GPS é de 1 Hz e a dos outros sinais é de 200 Hz, os dados obtidos a partir do GPS (sinais de velocidade, latitude, longitude, posição na via, e tronco) precisaram ser interpolados para tornar possível a sincronização desses com as informações de força e pressão.

Inicialmente, foram feitas análises estatísticas de máximos, mínimos, médias, desvio padrão e RMS para os sinais. Por solicitação da ???, além das estatísticas completas da viagem, em caso de aplicação de emergência com a composição em movimento serão mostradas as estatísticas com os trechos de emergência suprimidos.

Para a detecção dos trechos a serem suprimidos do sinal, foi definido em reunião com a ???, que seriam excluídos os trechos de sinal em que o trem apresenta pressões de encanamento geral inferiores a 60 psi. O valor de 60 psi foi escolhido porque a pressão mínima aceitável para uma frenagem normal é de 65 psi.

Posteriormente, foram analisadas situações de choques e esforço crítico. Para facilitar a comparação e interpretação destes parâmetros, no corpo do texto são apresentados mapas gráficos e histogramas. Caso seja necessária a consulta de informações detalhadas de data, hora e localização, no Anexo A encontram-se as tabelas referentes a estes esforços.

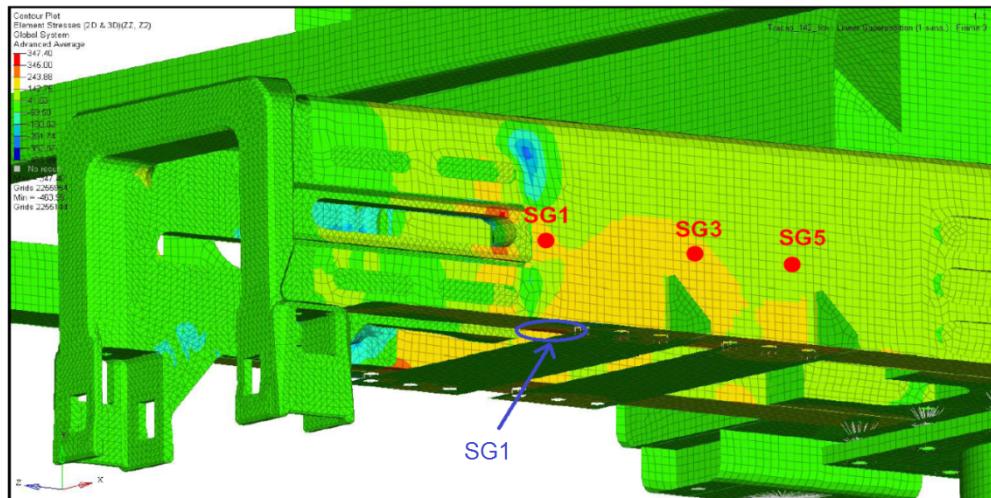
A definição de choque e esforços críticos são apresentadas nos respectivos itens. É importante observar que são apresentados os resultados referentes a dois critérios de choque que foram chamados de choque tipo 1 e tipo 2.

2.1 Localização dos extensômetros posicionados na longarina

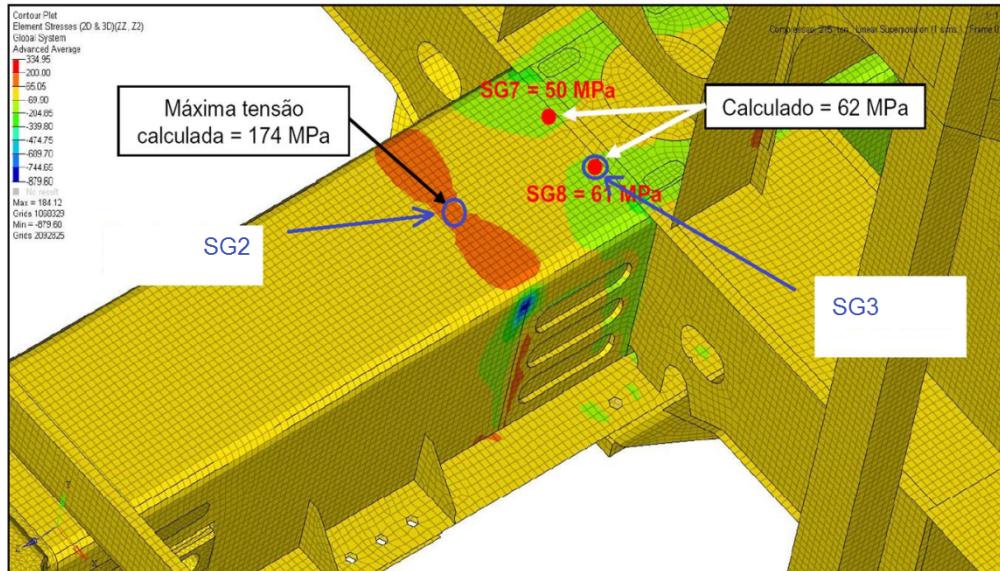
Os extensômetros SG1, SG2 e SG3 foram posicionados conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2, nas regiões circuladas em azul. O posicionamento foi escolhido conjuntamente entre IPT e ??? de forma a evitar as regiões da longarina do vagão ??? que possuem chapas de reforços soldadas.

As indicações em vermelho não fazem parte desta instrumentação atual e foram mantidas para a ??? identificar a localização relativa entre a instrumentação antiga e a atual. Lembrando-se que a lateral da longarina não foi escolhida para a instrumentação devido à existência de chapas de reforço soldadas.

Figura 1 – Posicionamento dos extensômetros SG1



Fonte: Imagem fornecida pela ???

Figura 2 – Posicionamento dos extensômetros SG2 e SG3


Fonte: Imagem fornecida pela ???

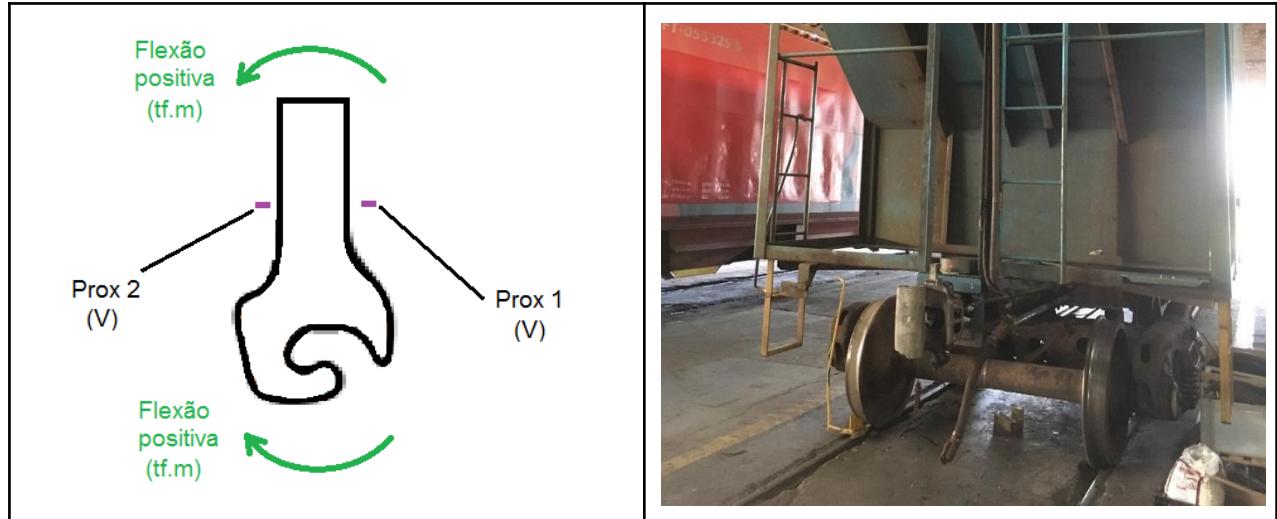
Para facilitar a comparação dos resultados dos extensômetros uniaxiais, os canais com estes dados foram convertidos de *microstrain* para MPa utilizando-se o módulo de elasticidade de 210 GPa. Apesar dos extensômetros não serem rosetas para o cálculo preciso das tensões e suas direções principais, esta é uma aproximação adotada considerando-se que os maiores esforços são devidos à força longitudinal.

2.2 Flexão do engate e transdutores de proximidade

O canal de flexão no engate foi calibrado com o sentido positivo ilustrado na Figura 3.

O uso de transdutores de proximidade não foi previsto no escopo original, estes foram adicionados pelo IPT. A Figura 3 ilustra a nomenclatura adotada nestes transdutores. Este tipo de transdutor possui um sinal binário em volts, sendo +5 V quando o engate está afastado e -5 V quando o engate está próximo do sensor.

Figura 3 – Sentido positivo da flexão no engate



Fonte: IPT

3 RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os resultados são apresentados segregados em viagens conforme descrito na introdução.

O Anexo A apresenta o link para download das tabelas de choques e esforços críticos, e o Anexo B apresenta o link com os dados coletados.

As viagens ?? possuem os dados do vagão ????? (engate F) parciais devido a falta de energia antes do término da viagem.

3.1 Estatísticas do sinal completo

A seguir são apresentadas as estatísticas gerais dos sinais medidos em campo, Tabelas 4 a 12.

Onde:

- Engate = força de tração / compressão medida no engate;
- Flexão = momento fletor medido na haste do engate;

- SG1 = extensômetro 1, posição indicada na Figura 1;
- SG2 = extensômetro 2, posição indicada na Figura 2;
- SG3 = extensômetro 3, posição indicada na Figura 2;
- ACT = medição do deslocamento do aparelho de choque, esse é o deslocamento do engate em relação à longarina do vagão;
- PEG = pressão do encanamento geral;
- Velocidade = indica a velocidade do vagão medida pelo GPS.

As Tabelas 4 e 5 mostram as estatísticas do trem ??, ??, com 121 vagões no percurso TRO - PSN, carregado com grãos.

Tabela 4 – Estatísticas trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	173,2	15,9	104,0	185,6	51,2	25,8	90,5	80,6
Mínimo	-178,7	-4,8	-36,4	-42,2	-106,8	-98,7	-2,1	0,0
Máx - Mín	351,9	20,7	140,5	227,8	158,0	124,5	92,6	80,6
Média	8,1	-0,1	22,4	52,7	-16,5	-7,7	84,3	17,9
Desvio Padrão	44,8	1,0	28,1	34,5	31,5	20,9	7,1	18,7

Fonte: IPT

Tabela 5 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	179,0	1,8	147,5	192,2	158,6	20,2	91,6	80,6
Mínimo	-141,0	-2,0	19,8	-4,5	-74,5	-55,6	-0,4	0,0
Máx - Mín	320,0	3,8	127,7	196,7	233,1	75,9	92,0	80,6
Média	14,6	0,2	77,8	61,7	13,5	-0,9	87,6	23,8
Desvio Padrão	49,5	0,2	23,4	28,5	26,9	17,6	5,9	20,1

Fonte: IPT

As Tabelas 6 e 7 mostram as estatísticas do trem prefixo ??, ??, com 122 vagões no percurso PSN - PSS, vazio.

Tabela 6 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate E, PSN - PSS, vazio

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	90,1	4,4	45,0	62,2	100,4	22,4	92,5	80,3
Mínimo	-52,4	-2,7	-21,4	-36,4	20,7	-80,4	-0,5	0,0
Máx - Mín	142,5	7,1	66,4	98,6	79,7	102,8	92,9	80,3
Média	6,0	-0,1	7,9	10,8	56,9	-3,1	81,4	18,9
Desvio Padrão	12,2	0,5	11,9	12,8	15,9	10,2	20,1	18,1

Fonte: IPT

Tabela 7 – Estatísticas trem ??, vagão ??????, engate F, PSN - PSS, vazio

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	102,5	0,7	22,1	52,9	149,0	22,5	94,0	81,0
Mínimo	-73,8	-1,0	-52,1	-63,4	-34,0	-51,5	0,7	0,0
Máx - Mín	176,2	1,7	74,1	116,3	183,0	74,0	93,3	81,0
Média	4,2	0,0	-19,1	-1,4	43,1	4,1	82,9	18,9
Desvio Padrão	12,9	0,1	17,8	13,8	25,2	7,7	20,2	18,1

Fonte: IPT

As Tabelas 8 e 9 mostram as estatísticas do trem prefixo ??, ??, com 121 vagões no percurso ?? - PSS, carregado com grãos.

Tabela 8 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate E, ?? - PSS, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	98,1	13,1	83,4	132,1	104,4	19,6	91,5	80,6
Mínimo	-135,5	-3,7	-21,5	-39,0	-37,3	-63,1	-0,2	0,0
Máx - Mín	233,6	16,8	104,9	171,0	141,8	82,7	91,7	80,6
Média	-6,3	0,4	20,4	43,7	38,7	-10,7	83,8	12,2
Desvio Padrão	15,6	0,8	15,8	16,9	24,0	12,1	7,0	15,5

Fonte: IPT

Tabela 9 – Estatísticas trem ??, vagão ??????, engate F, ?? - PSS, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	116,2	2,5	78,4	102,1	192,0	23,7	93,5	80,6
Mínimo	-156,1	-3,3	-20,4	-41,5	1,7	-63,8	1,3	0,0
Máx - Mín	272,3	5,8	98,8	143,7	190,3	87,5	92,1	80,6
Média	-6,8	-0,1	19,8	16,3	77,1	-6,3	85,5	12,2
Desvio Padrão	20,9	0,3	19,9	18,9	18,3	15,4	7,0	15,5

Fonte: IPT

As Tabelas 10 e 11 mostram as estatísticas do trem prefixo ??, ??, com 123 vagões no percurso PCZ - TRO, vazio.

Tabela 10 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate E, PCZ - TRO, vazio

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	81,4	4,7	62,6	84,8	97,0	28,0	91,9	79,9
Mínimo	-100,3	-3,1	-12,2	-39,7	17,0	-79,3	-1,6	0,0
Máx - Mín	181,7	7,8	74,8	124,5	80,0	107,3	93,5	79,9
Média	6,4	0,0	23,2	24,2	61,8	-1,9	83,1	19,6
Desvio Padrão	14,0	0,4	11,2	14,2	15,2	9,9	13,7	20,5

Fonte: IPT

Tabela 11 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	85,2	1,1	43,8	79,4	129,8	23,9	93,7	80,3
Mínimo	-163,9	-1,5	-30,7	-50,3	-62,2	-56,8	-0,2	0,0
Máx - Mín	249,2	2,5	74,5	129,7	191,9	80,7	94,0	80,3
Média	6,0	0,0	6,8	15,9	46,1	7,4	84,8	19,5
Desvio Padrão	14,0	0,1	15,5	15,2	17,0	8,1	13,8	20,5

Fonte: IPT

As Tabelas 11 e 12 mostram as estatísticas do trem prefixo ??, ??, com 120 vagões no percurso TRO - PSN, vazio.

Tabela 11 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate E, TRO - PSN, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	137,8	15,1	101,4	142,8	125,0	26,3	90,9	80,3
Mínimo	-152,4	-6,3	-46,3	-49,9	-58,1	-49,4	-1,9	0,0
Máx - Mín	290,2	21,5	147,8	192,7	183,1	75,6	92,8	80,3
Média	3,5	0,0	28,4	54,0	42,8	-6,1	81,6	17,9
Desvio Padrão	27,0	1,2	17,1	22,0	25,6	16,1	17,6	19,0

Fonte: IPT

Tabela 12 – Estatísticas trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

	Engate	Flexão	SG 1	SG 2	SG 3	ACT	PEG	Velocidade
	(tf)	(tf.m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(psi)	(km/h)
Máximo	199,0	2,1	91,1	182,7	254,4	30,0	92,8	79,9
Mínimo	-200,5	-2,5	-14,7	-39,6	-28,7	-68,7	-0,3	0,0
Máx - Mín	399,5	4,6	105,8	222,3	283,1	98,7	93,1	79,9
Média	20,7	0,2	26,9	42,4	72,0	2,9	87,8	23,5
Desvio Padrão	51,2	0,3	22,6	29,5	30,3	23,1	6,8	20,2

Fonte: IPT

3.2 Estatísticas do sinal com os trechos de pressão abaixo de 60 psi eliminados

O objetivo destas estatísticas é apresentar as diferenças entre a viagem completa e a sem os trechos de sinal nos quais o trem está com a aplicação de emergência nos freios. O método de detecção da aplicação de emergência está definido no item 2.

Em todas as viagens analisadas neste relatório não foi observada diferença significativa nas estatísticas com a eliminação dos trechos cujas as pressões estão abaixo do limite acordado. Tal fato indica que provavelmente não ocorreu a ocorrência de aplicação de emergência com a composição em movimento.

3.3 Parâmetros operacionais críticos

3.3.1 Choque tipo 1

Por solicitação da ??? o choque tipo 1 foi definido como:

- ✓ janela de 440 ms que será movida em passos de 440 ms do início do sinal até o final do sinal;
- ✓ em cada janela, caso a força no tempo final menos força no tempo inicial possua variação maior ou igual a 30 tf será considerado choque;
- ✓ em caso de choque, será adotado o tempo e localização do vagão no final da janela.

Para todos os casos de choque que atendam ao critério descrito são apresentadas a diferença entre força final e inicial da janela, a força máxima subtraída da força mínima da janela, a força máxima da janela e os demais parâmetros no instante da força máxima.

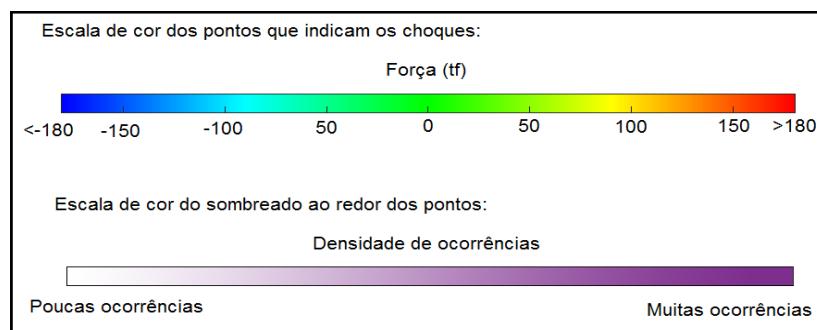
O Anexo A apresenta o link para download das tabelas com os choques que atendem ao critério estabelecido pelo Cliente. As viagens foram segregadas em pastas com as identificações de prefixo do trem, número de vagões, condição vazio ou carregado e data.

Caso o vagão esteja em uma localização cuja coordenada GPS não possui correspondente próximo no mapeamento GPS fornecido pelo Cliente, as informações posição, Placa Virtual e Trecho não aparecerão na tabela. O mesmo ocorre quando o GPS ou algum dos canais não estiver disponíve.

A seguir são apresentadas as Figuras 5 a 24 com mapas gráficos e histogramas dos choques encontrados. Somente nas viagens em que o GPS está disponível serão apresentados os mapas gráficos, nas viagens em que o GPS não está disponível somente serão apresentados os histogramas e nas tabelas do ANEXO os choques estão referenciados pelo tempo.

Os mapas gráficos apresentam pontos que indicam os locais de ocorrências dos choques, sua cor indica a intensidade da força máxima da janela na qual o choque foi detectado (vide escala da Figura 4) e o sombreado na cor lilás indica a densidade de ocorrências, ou seja, o sombreado fica mais evidente quando ocorrem muitos choques seguidos em uma mesma região.

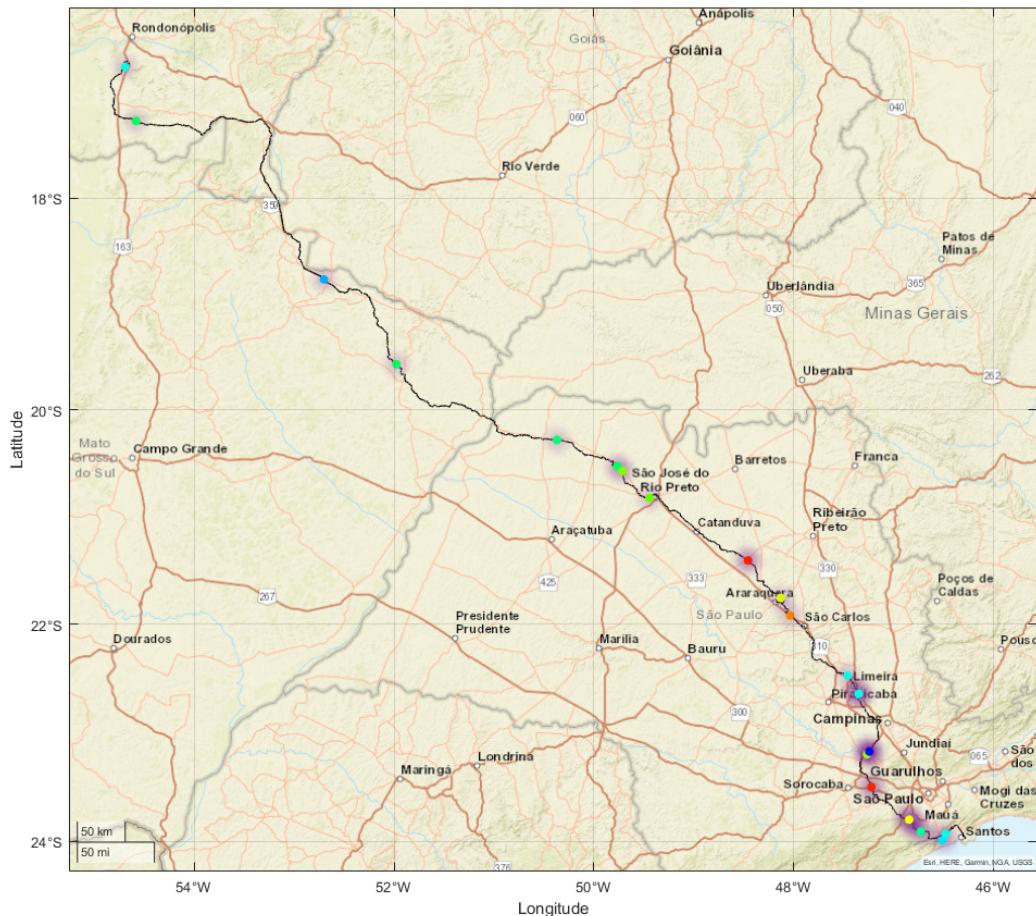
Figura 4 – Legenda utilizada nos mapas gráficos



Fonte: IPT

3.3.1.1 Trem prefixo ??, percurso TRO-PSN, carregado

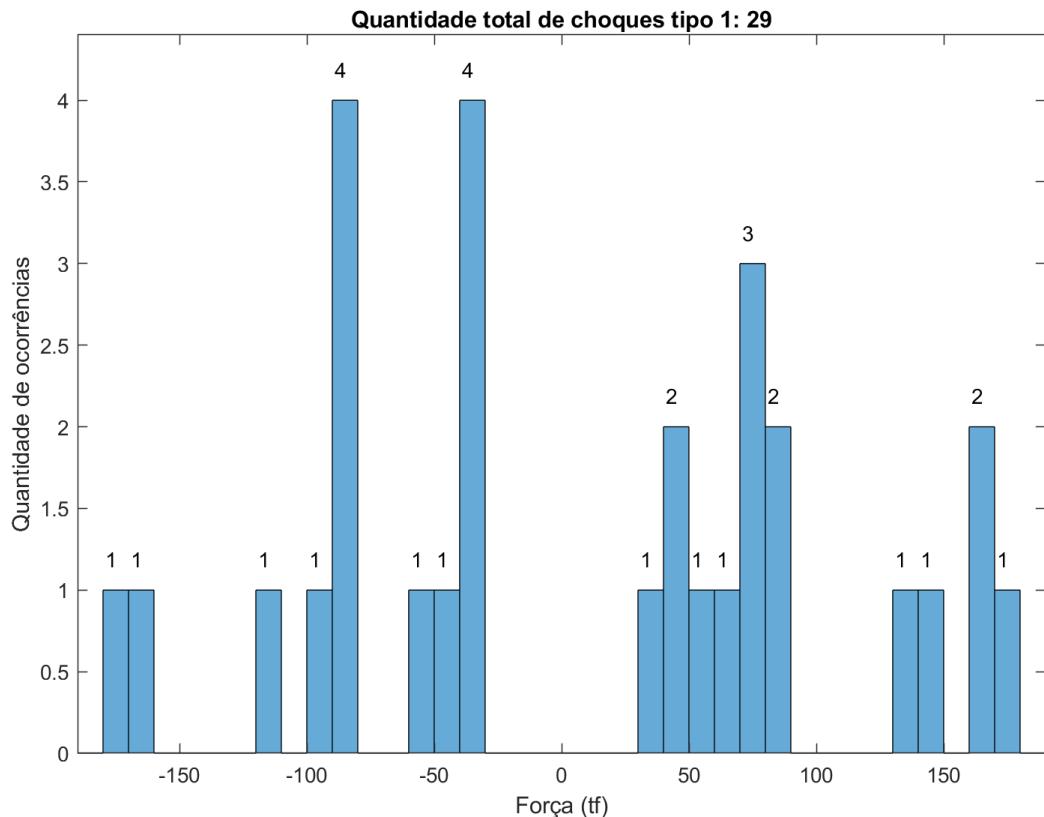
Figura 5 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



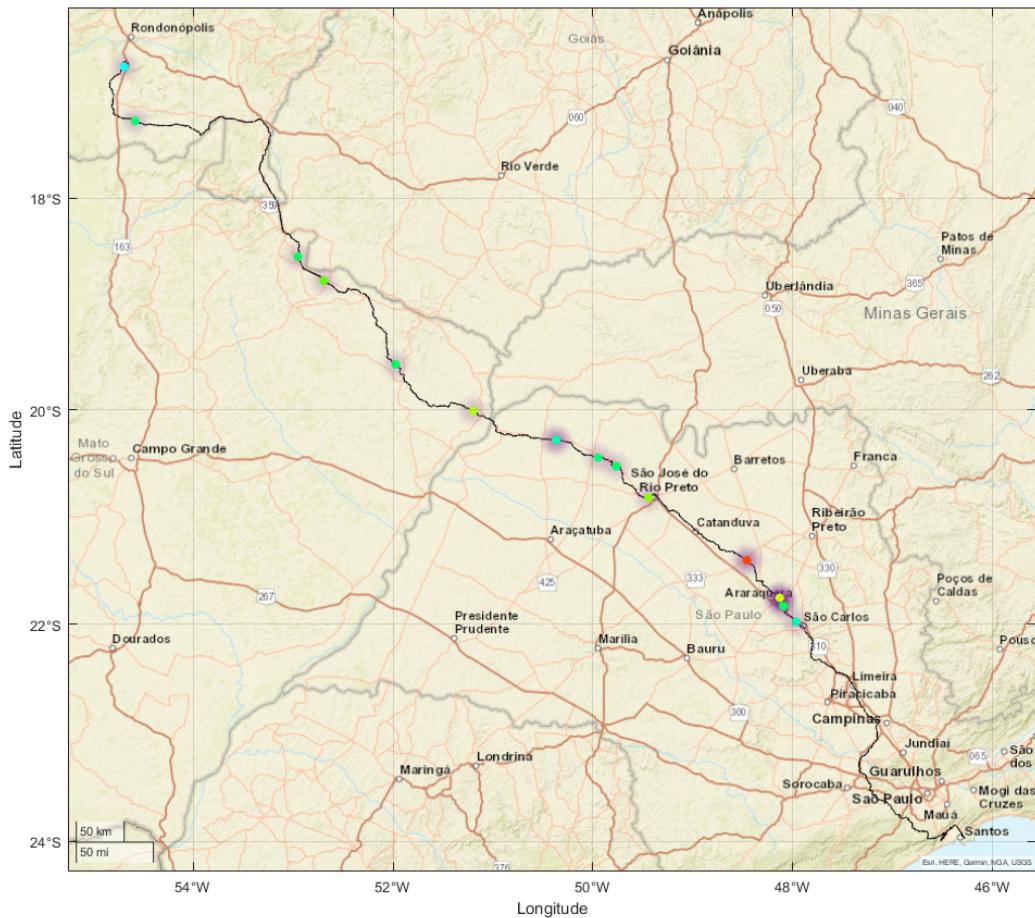
Fonte: IPT

Os histogramas de choques possuem largura de banda de 10 tf e o número acima de cada barra indica a quantidade de ocorrências de choques em cada banda.

Figura 6 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

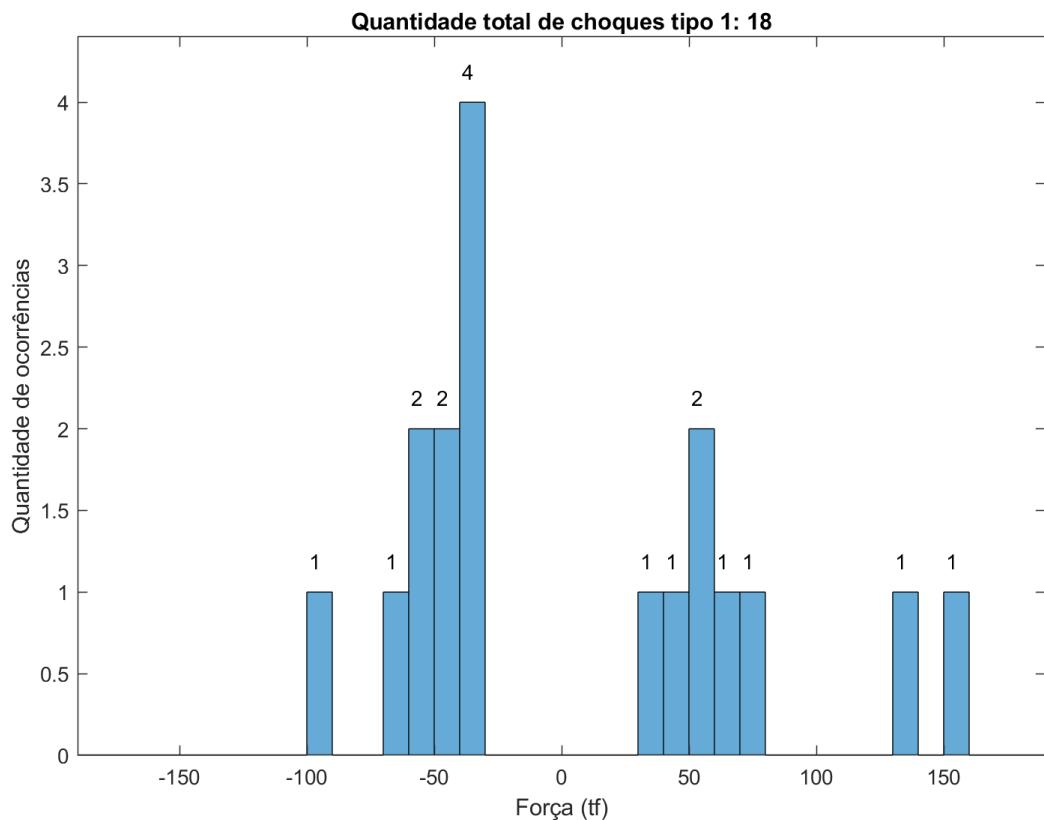


Fonte: IPT

Figura 7 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

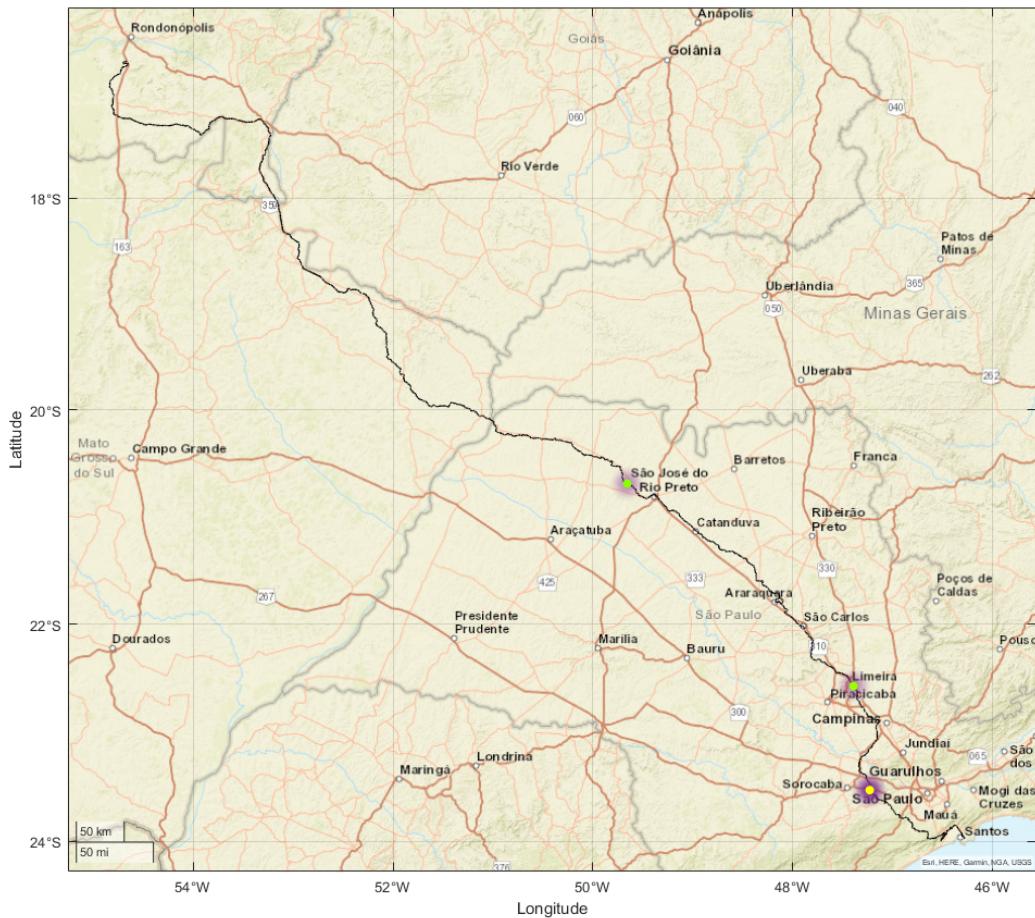
Fonte: IPT

Figura 8 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



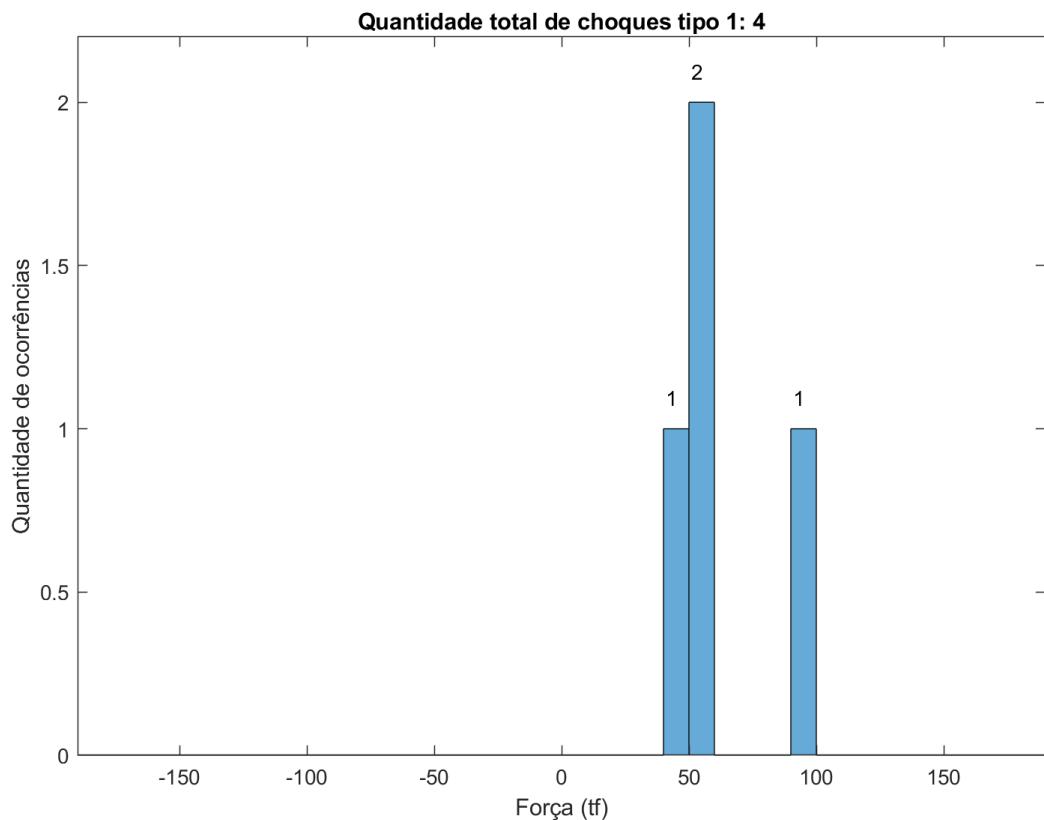
Fonte: IPT

3.3.1.2 Trem prefixo ??, percurso PSN - PSS, vazio

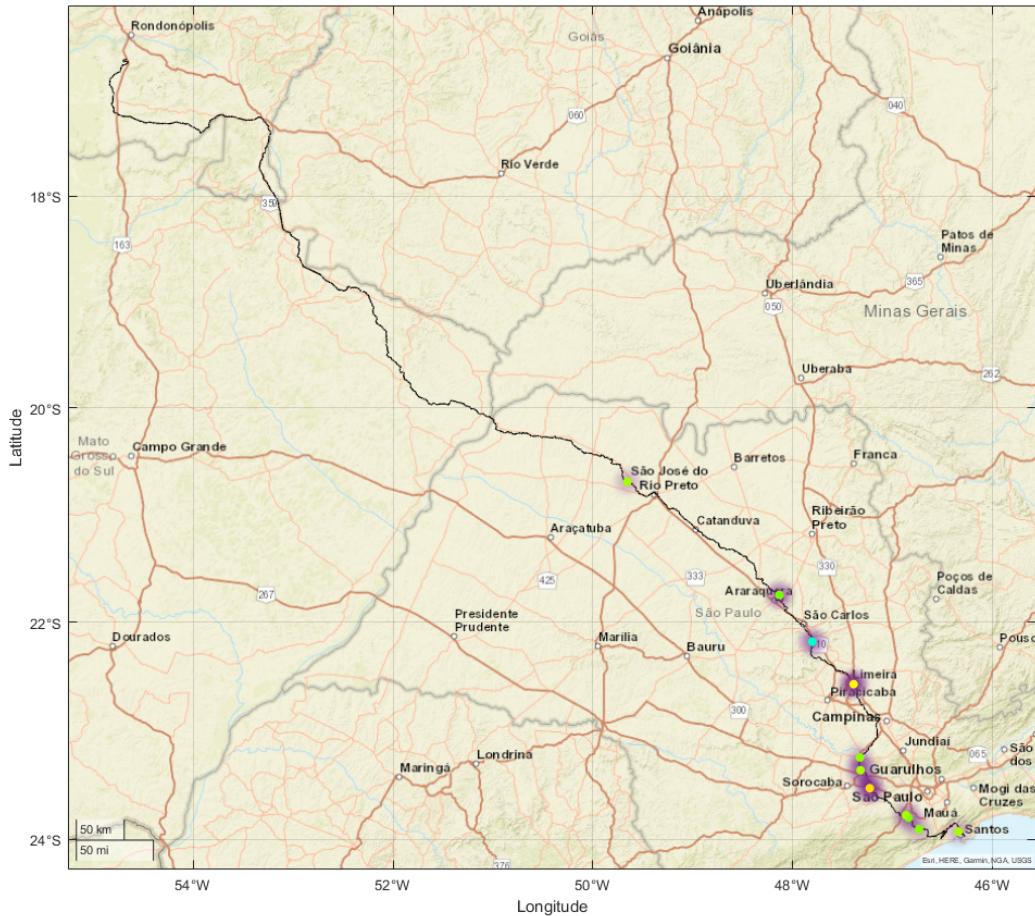
Figura 9 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio

Fonte: IPT

Figura 10 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio

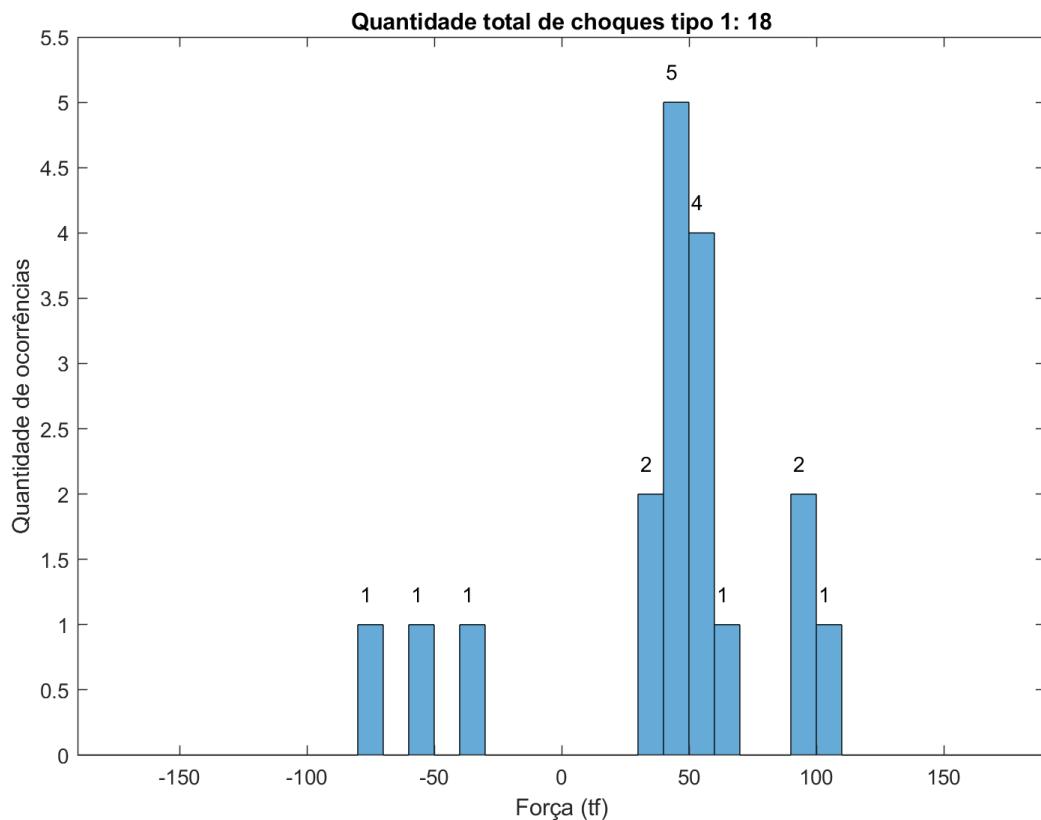


Fonte: IPT

Figura 11 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio

Fonte: IPT

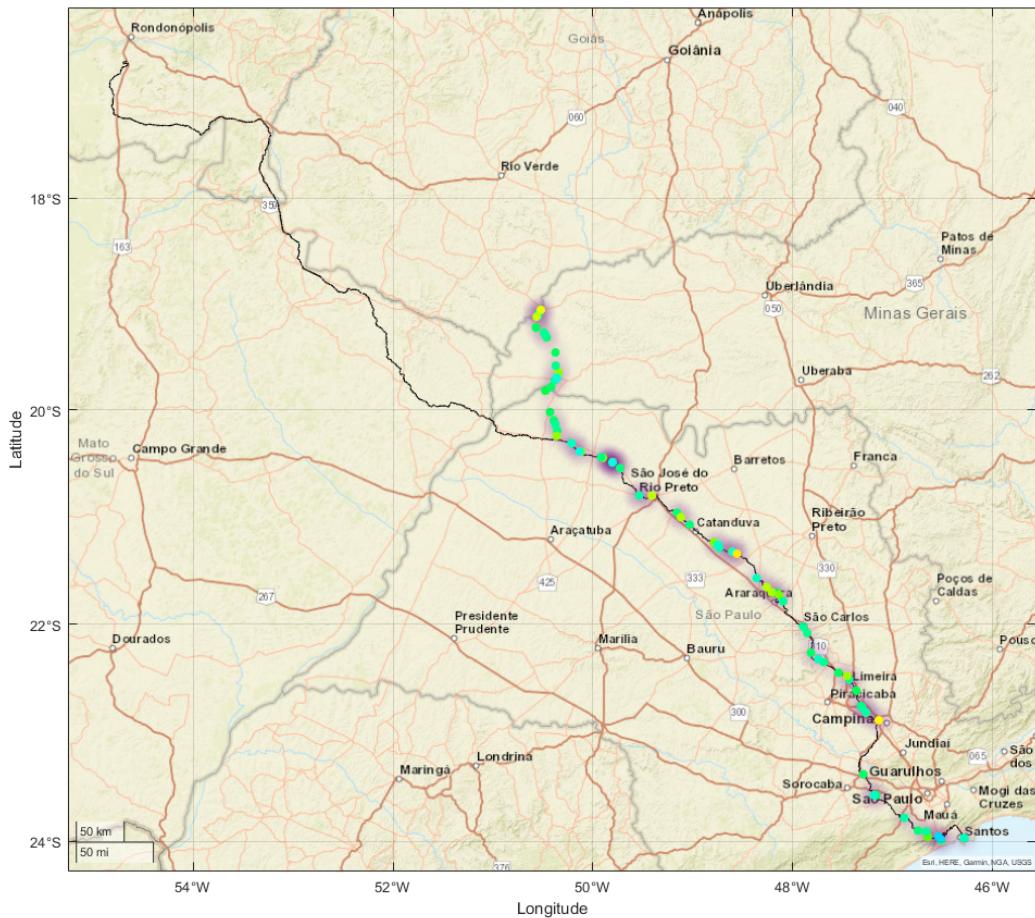
Figura 12 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio



Fonte: IPT

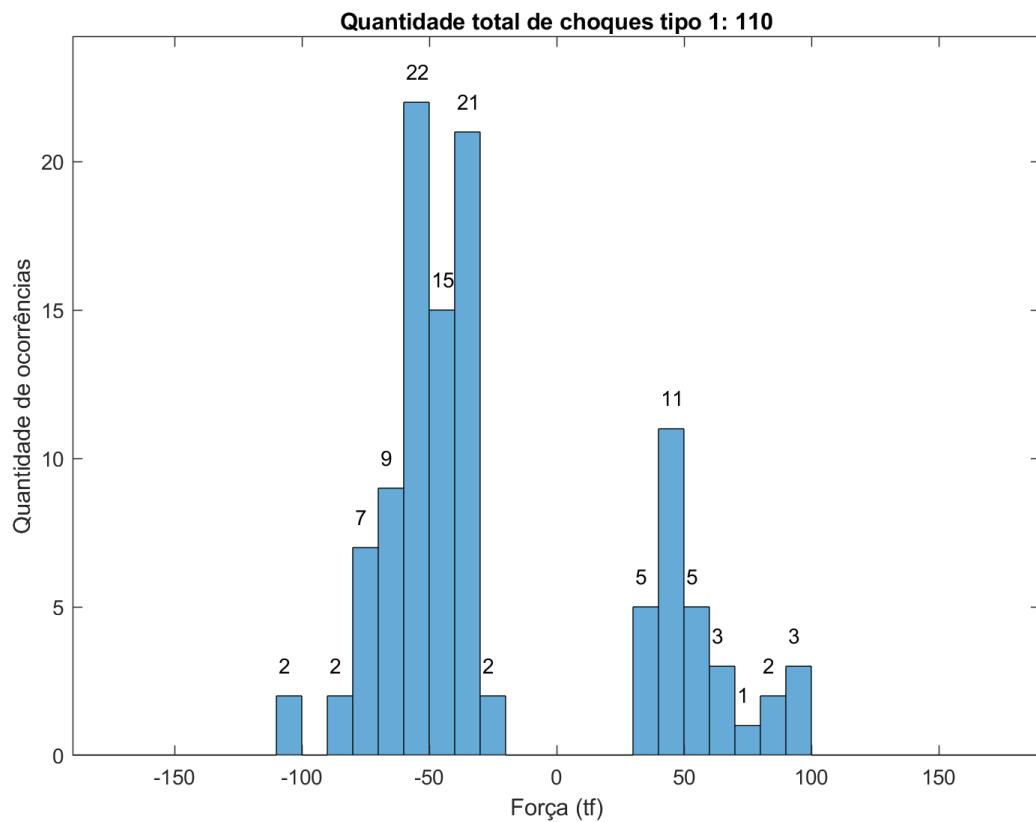
3.3.1.3 Trem prefixo ??, percurso ?? - PSS, carregado

Figura 13 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

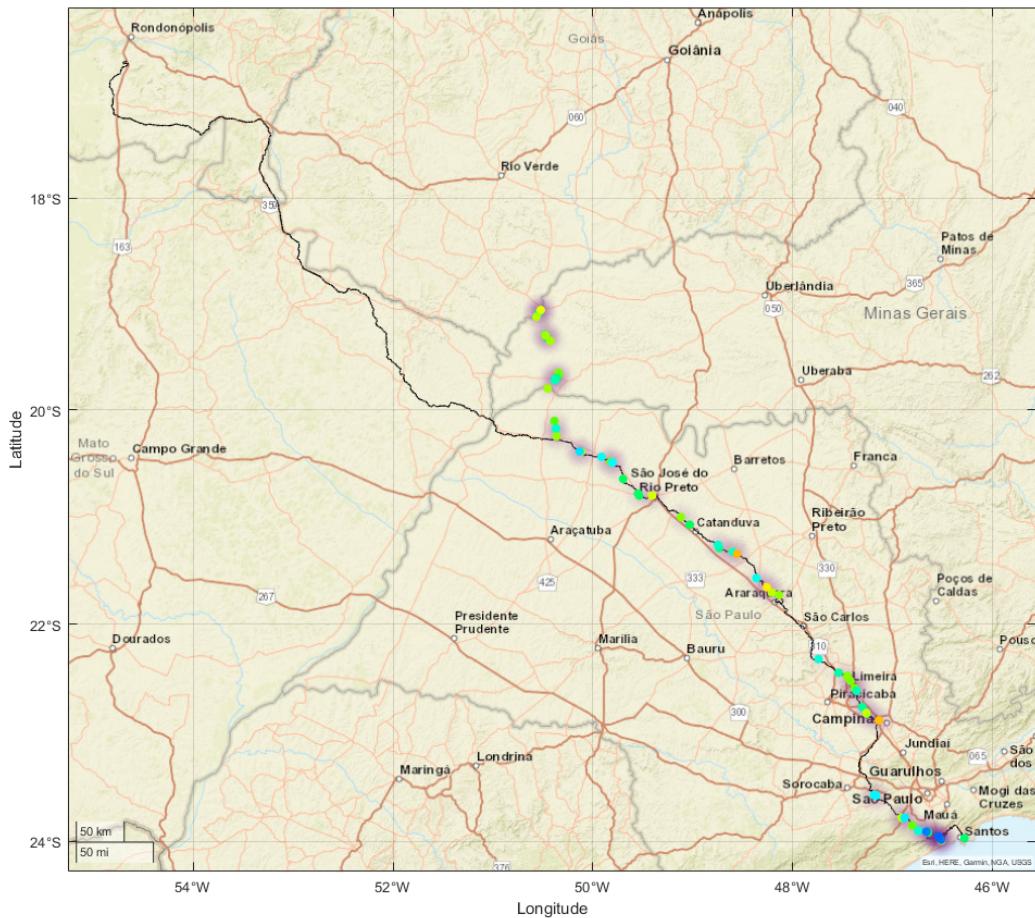


Fonte: IPT

Figura 14 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

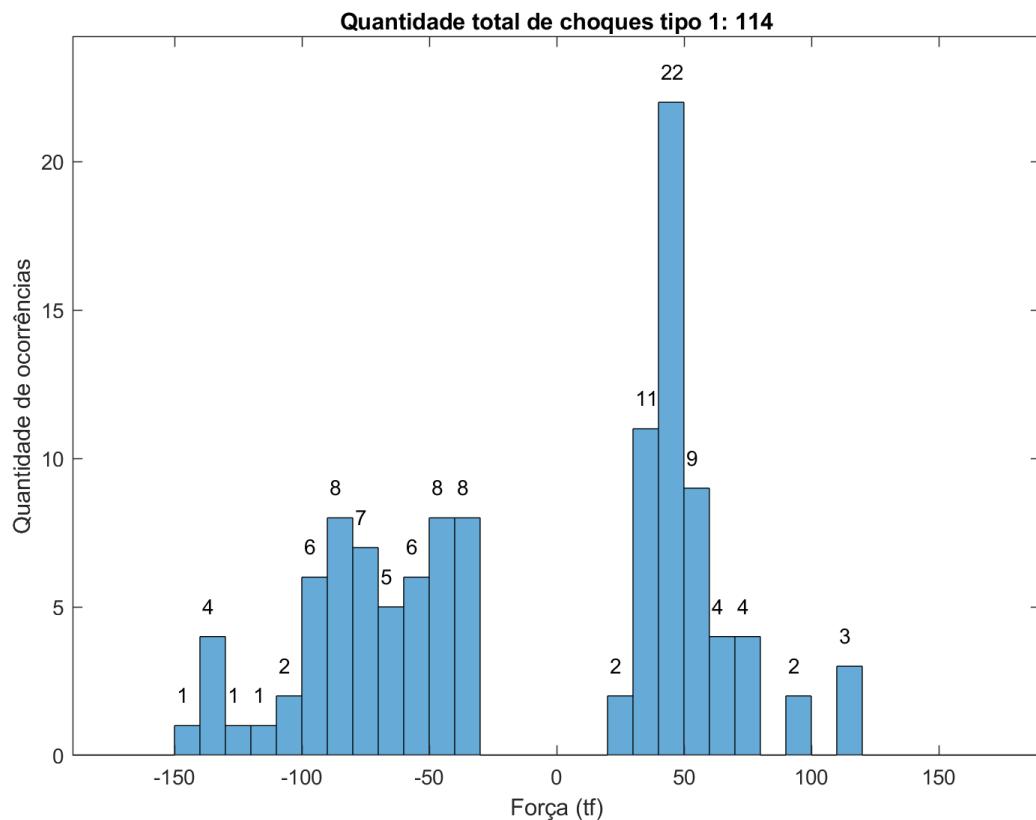


Fonte: IPT

Figura 15 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

Fonte: IPT

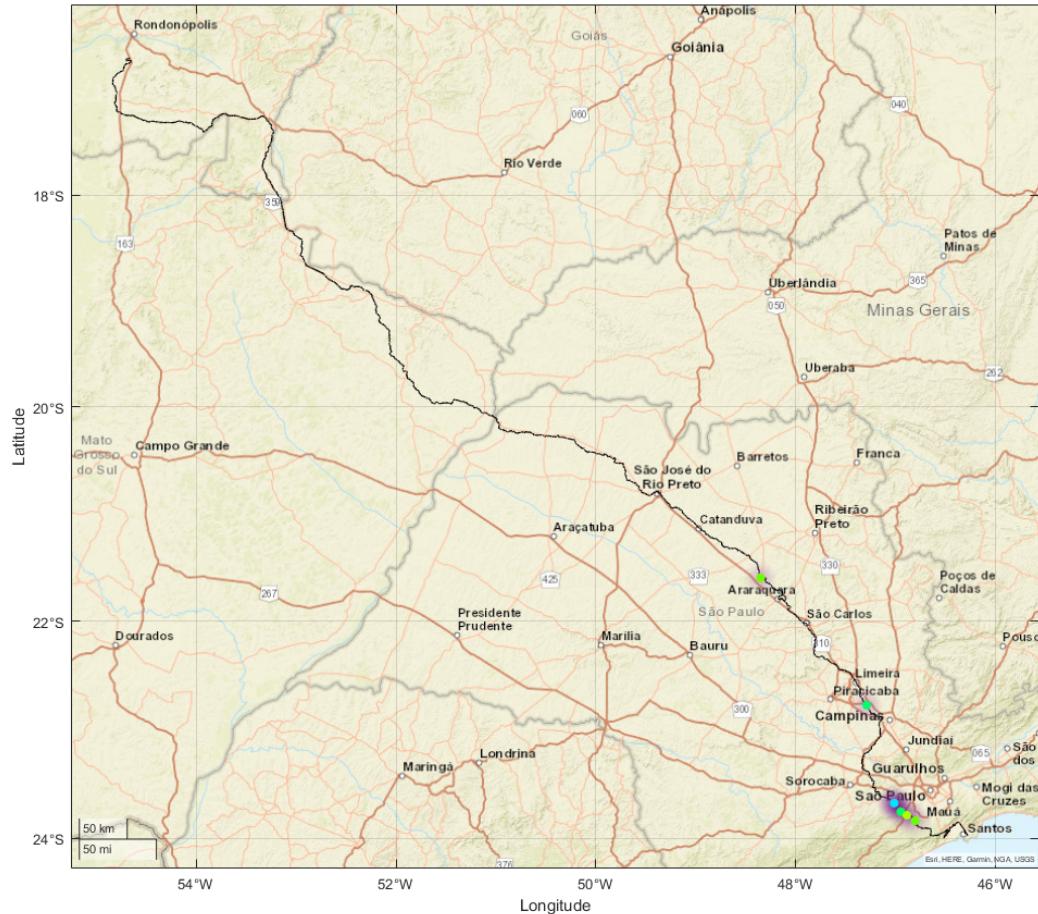
Figura 16 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado



Fonte: IPT

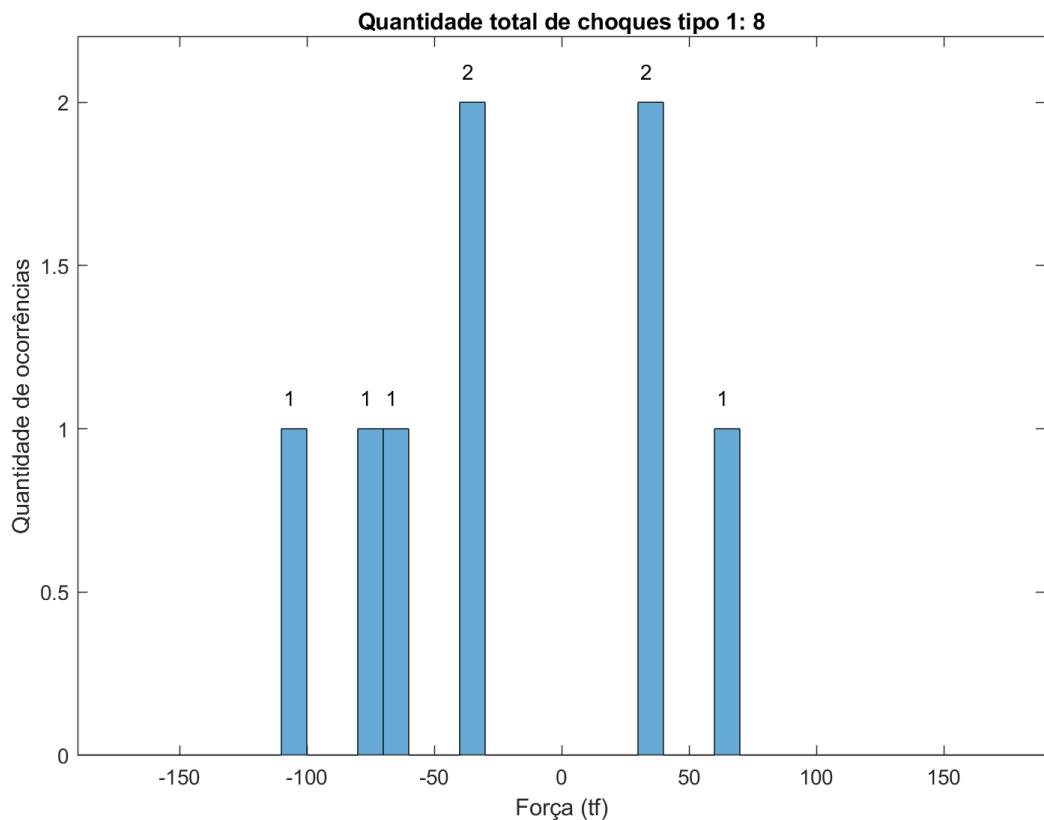
3.3.1.4 Trem prefixo ??, percurso PCZ - TRO, vazio

Figura 17 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio

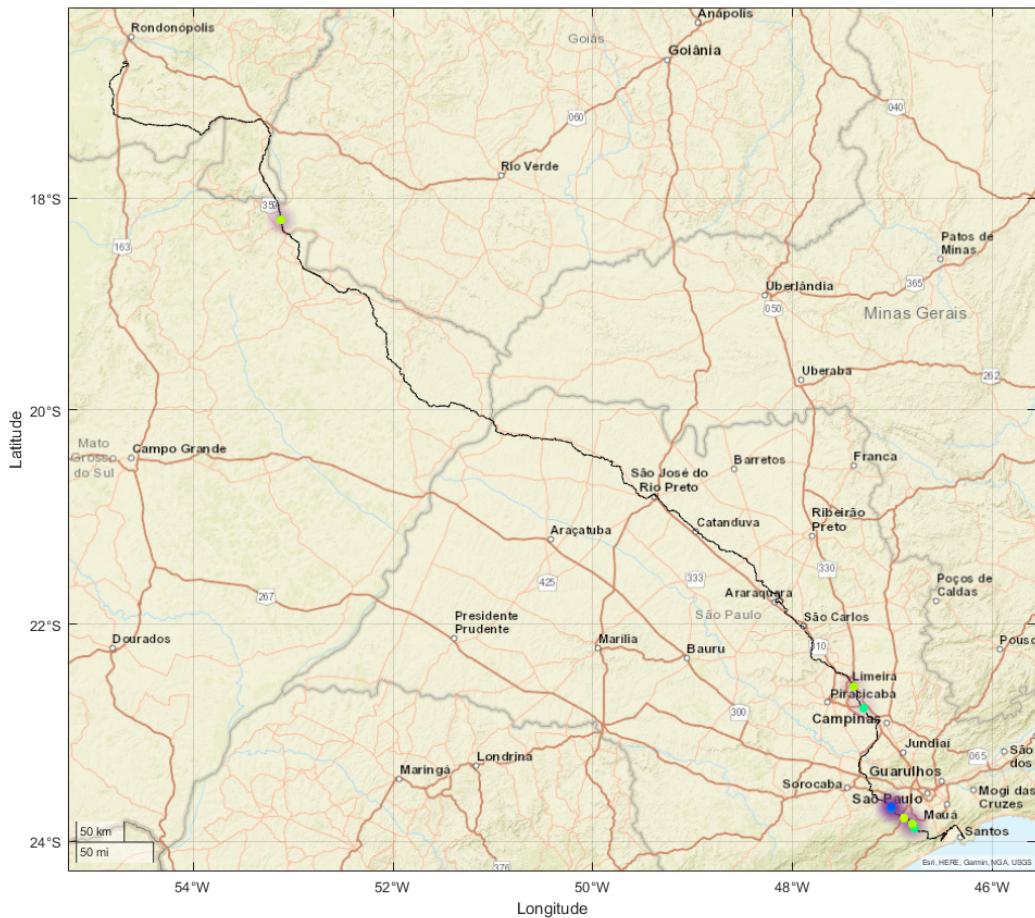


Fonte: IPT

Figura 18 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio

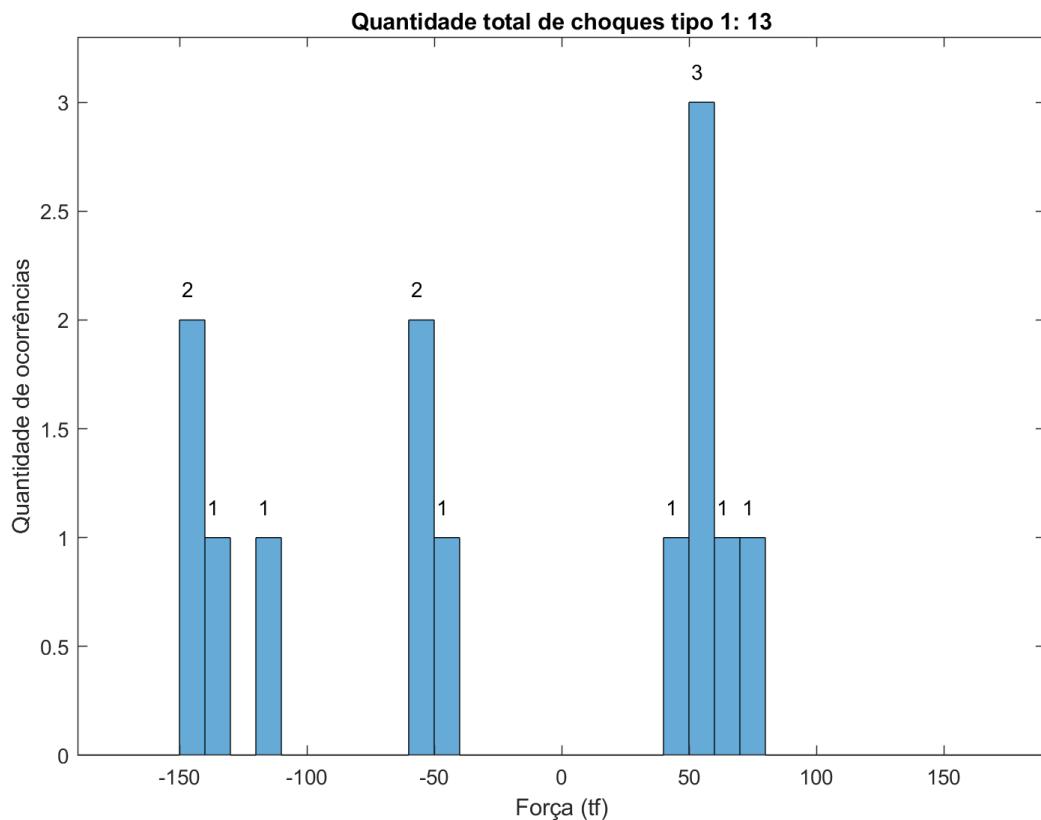


Fonte: IPT

Figura 19 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

Fonte: IPT

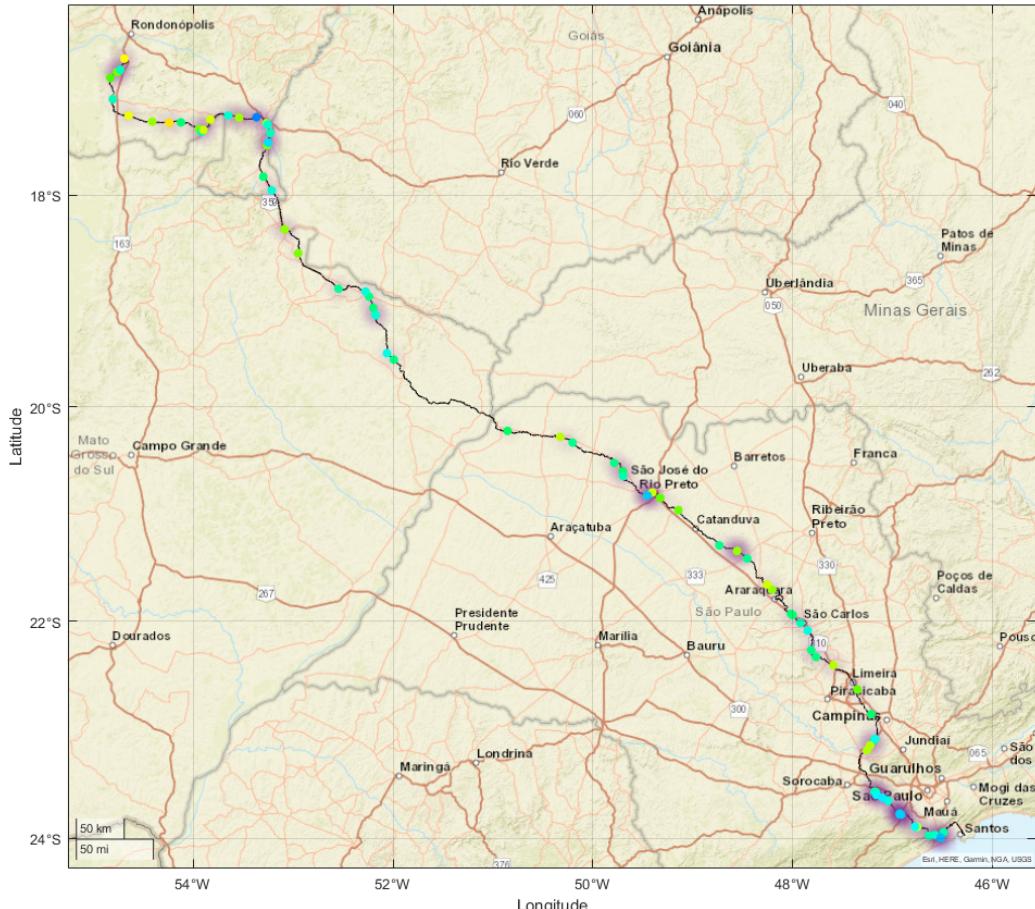
Figura 20 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio



Fonte: IPT

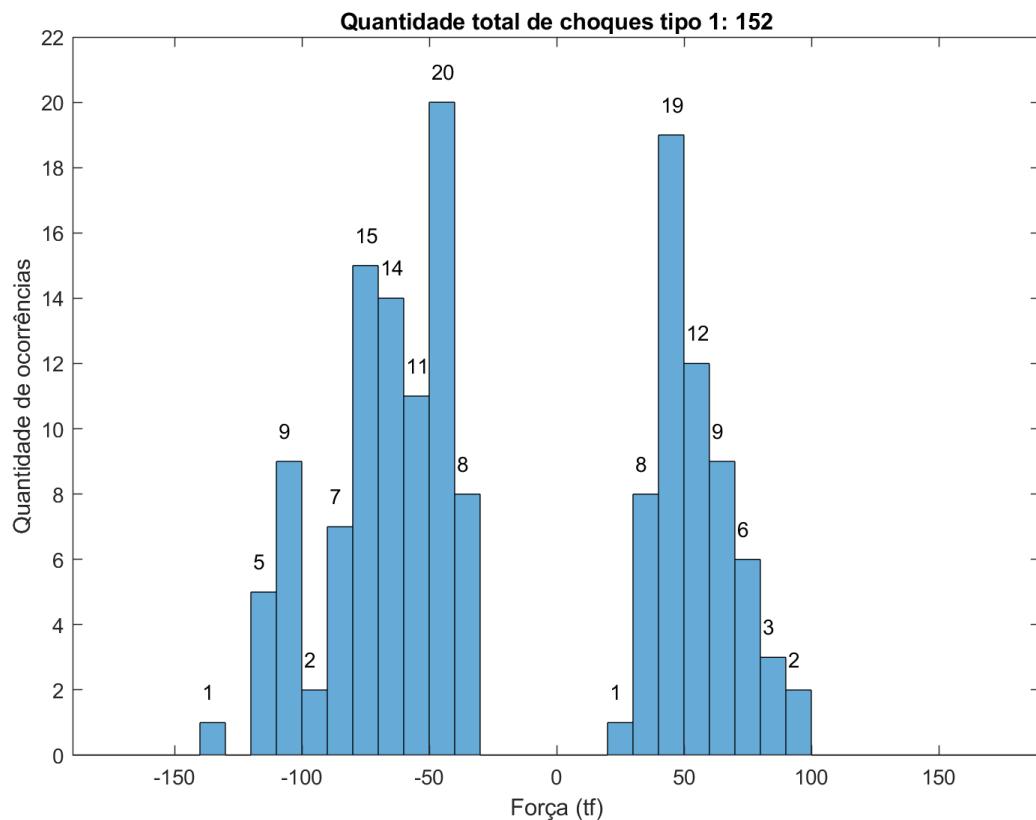
3.3.1.5 Trem prefixo ??, percurso TRO - PSN, carregado

Figura 21 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

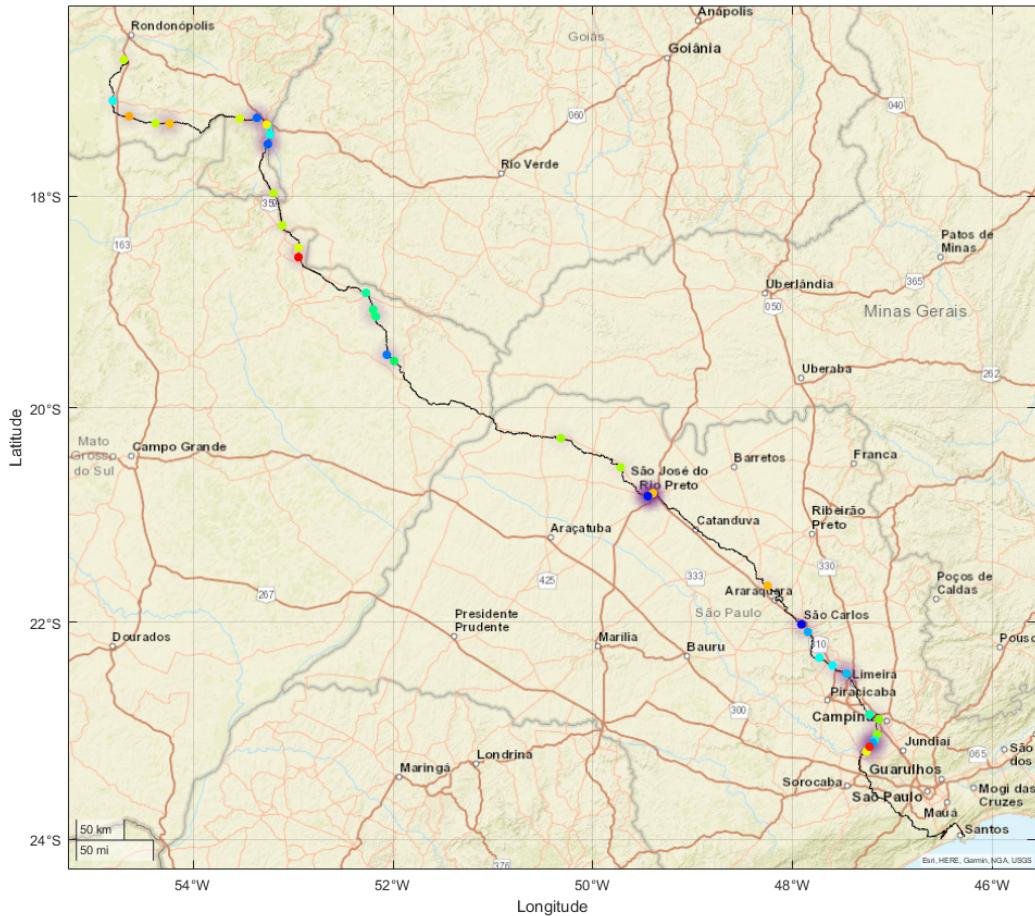


Fonte: IPT

Figura 22 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

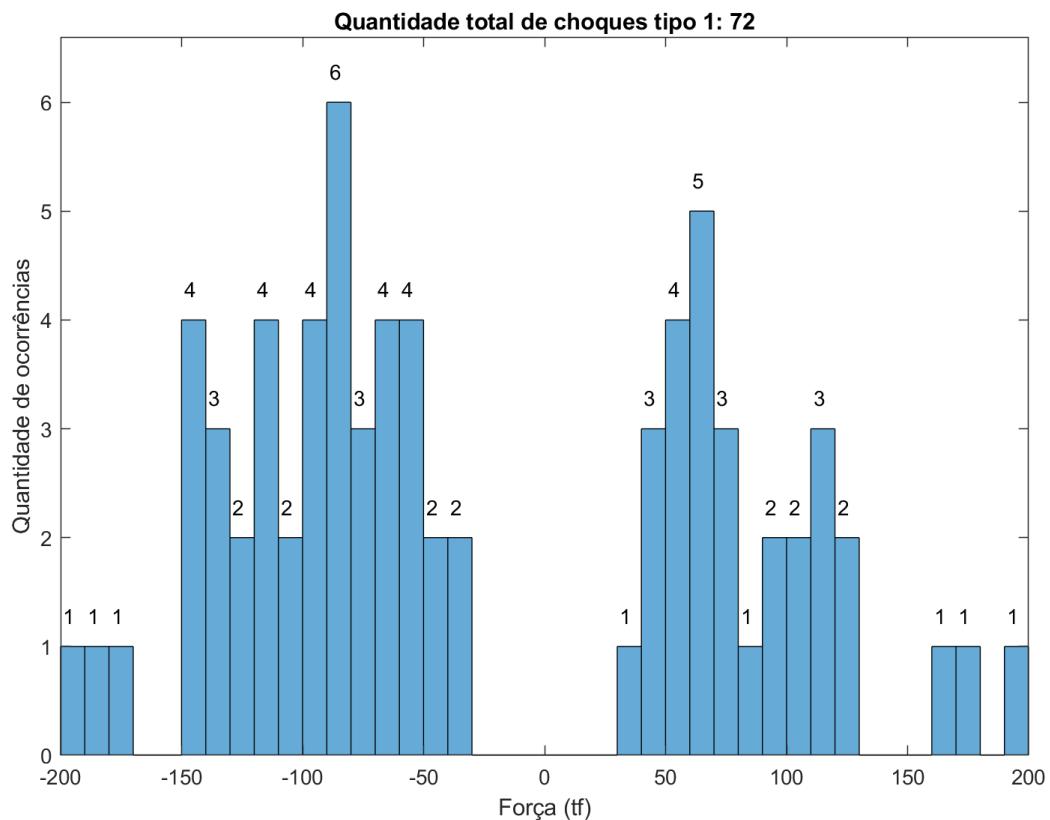


Fonte: IPT

Figura 23 – Choque tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Fonte: IPT

Figura 24 – Histograma dos choques tipo 1, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

3.3.2 Choque tipo 2

O choque tipo 2 foi definido conjuntamente com a ???, e é compreendido como todas as situações que atendam ao critério de:

- ✓ variação de força de pelo menos 30 tf, sendo que esta variação deve incluir o ciclo completo partindo de um valor inicial, aumentando em módulo, pelo menos 30 tf e retornando ao valor inicialmente anotado;
- ✓ a janela máxima a ser considerada é de 440 milissegundos;
- ✓ a cada choque encontrado uma nova janela é iniciada, portanto em 440 milissegundos podem ocorrer mais de um choque.

Para todos os casos de choque que atendam ao critério descrito são apresentadas a força máxima e os demais parâmetros no instante da força máxima.

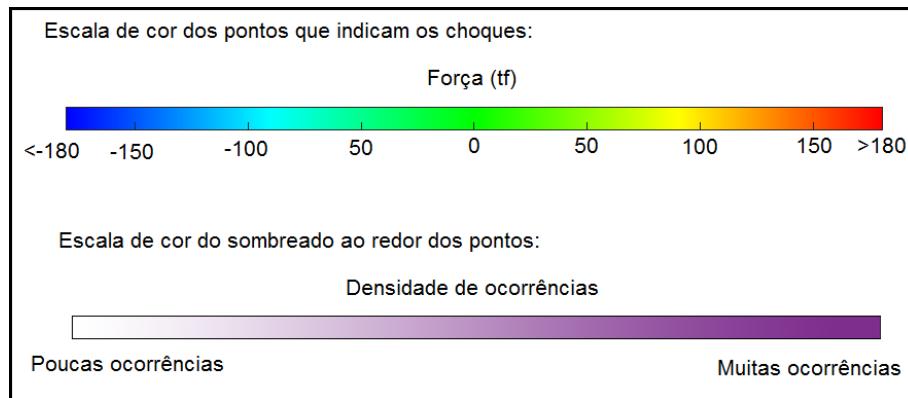
O Anexo A apresenta o link para download das tabelas com os choques que atendem ao critério estabelecido pelo Cliente, as viagens foram segregadas em pastas com as identificações de prefixo do trem, número de vagões, condição vazio ou carregado e data.

Caso o vagão esteja em uma localização cuja coordenada GPS não possui correspondente próximo no mapeamento GPS fornecido pelo Cliente, as informações posição, Placa Virtual e Trecho não aparecerão na tabela. O mesmo ocorre quando o GPS ou algum dos canais não estiver disponível.

A seguir são apresentadas as Figuras 26 a 45 com mapas gráficos e histogramas dos choques encontrados.

Os mapas gráficos apresentam pontos que indicam os locais de ocorrências dos choques, sua cor indica a intensidade da força máxima da janela na qual o choque foi detectado (vide escala da Figura 25) e o sombreado na cor lilás indica a densidade de

ocorrências, ou seja, o sombreado fica mais evidente quando ocorrem muitos choques seguidos em uma região.

Figura 25 – Legenda utilizada nos mapas gráficos

Fonte: IPT

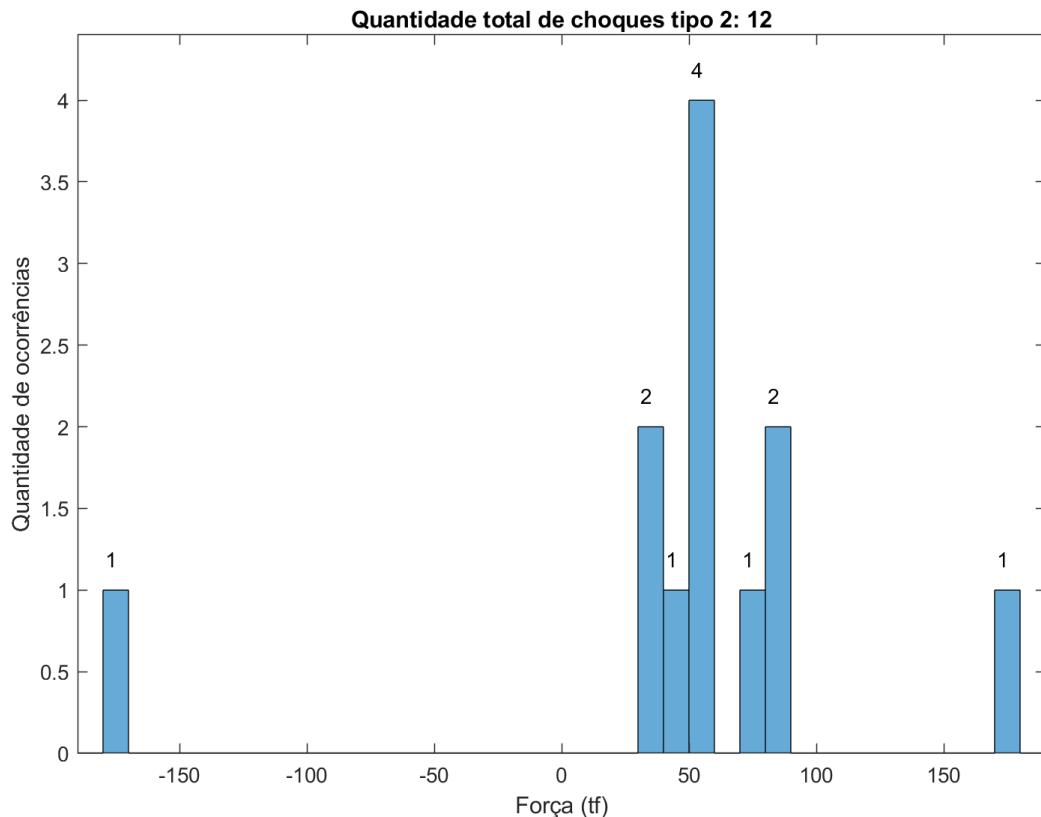
3.3.2.1 Trem prefixo ??, percurso TRO - PSN, carregado

Figura 26 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

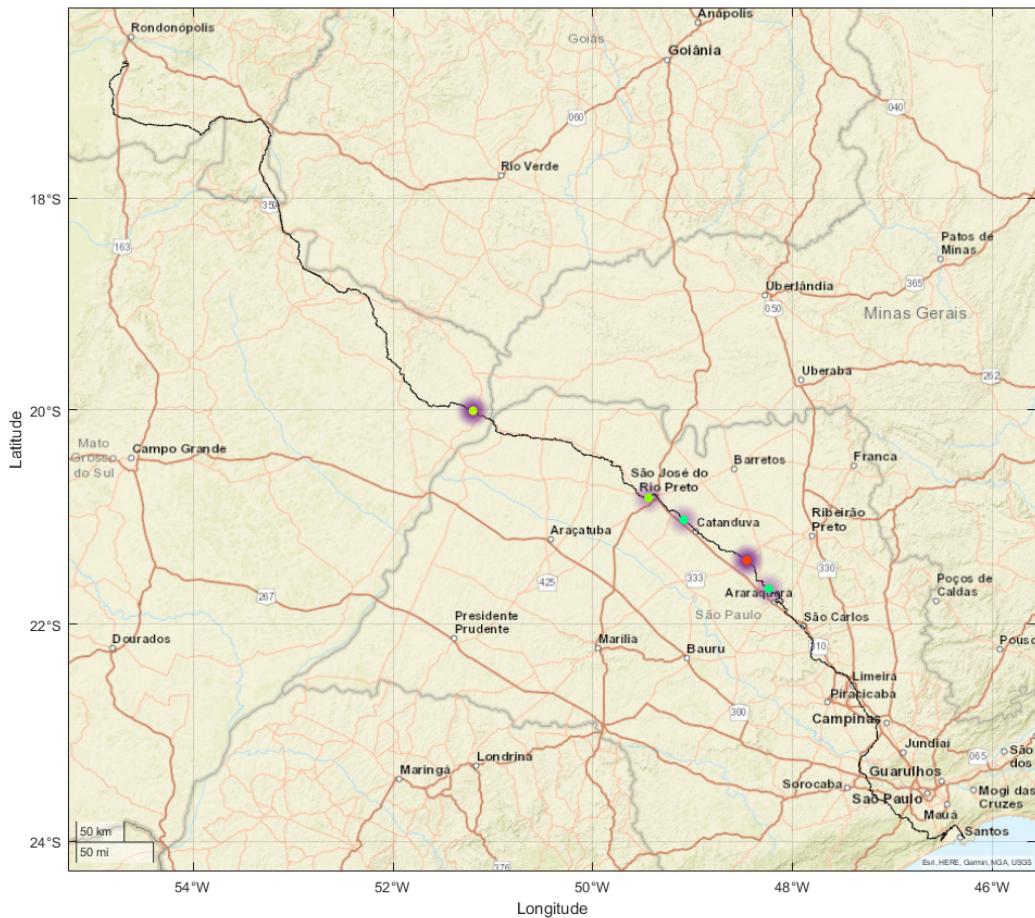
Fonte: IPT

Os histogramas de choques possuem largura de banda de 10 tf e o número acima de cada barra indica a quantidade de ocorrências de choques em cada banda.

Figura 27 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO-PSN, carregado

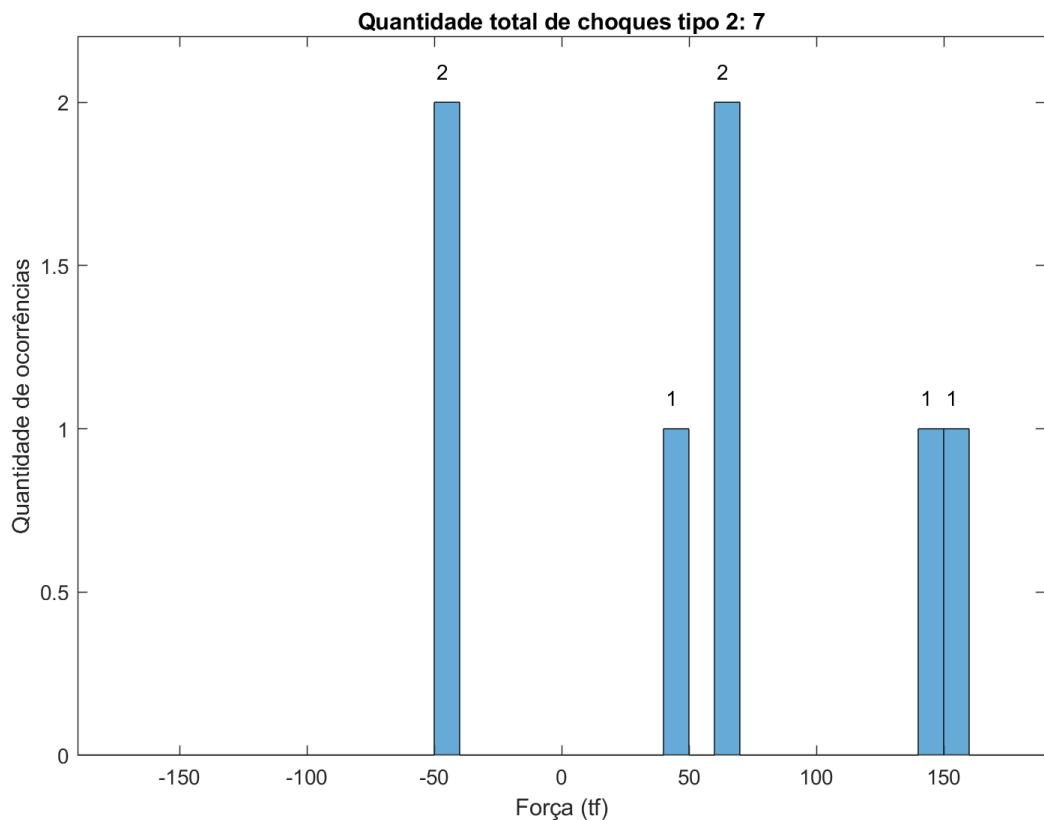


Fonte: IPT

Figura 28 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Fonte: IPT

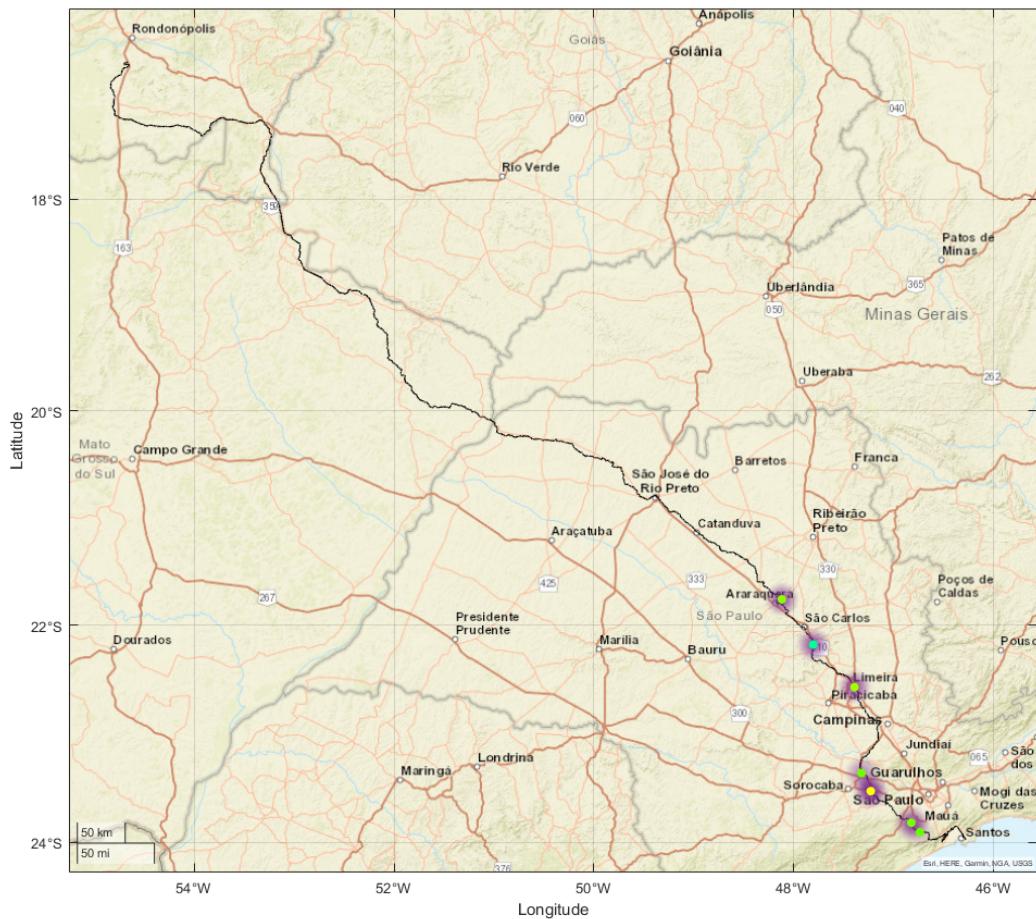
Figura 29 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

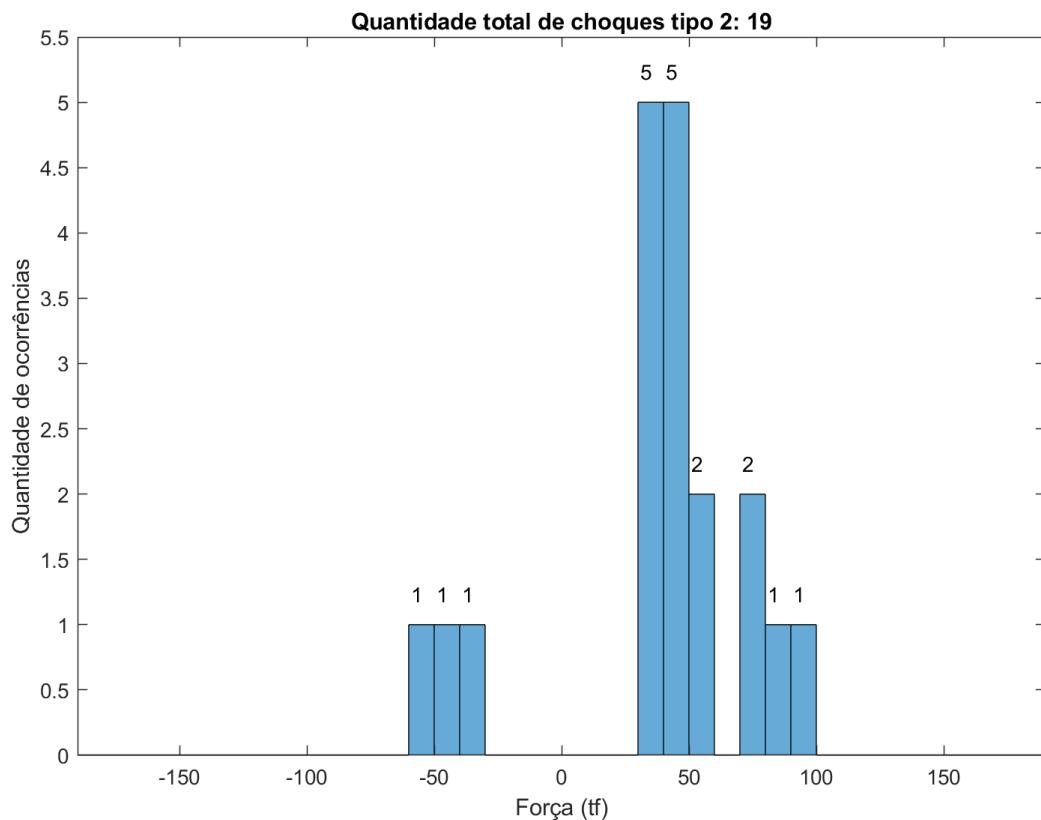
3.3.2.2 Trem prefixo ??, percurso PSN - PSS, vazio

Figura 30 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio

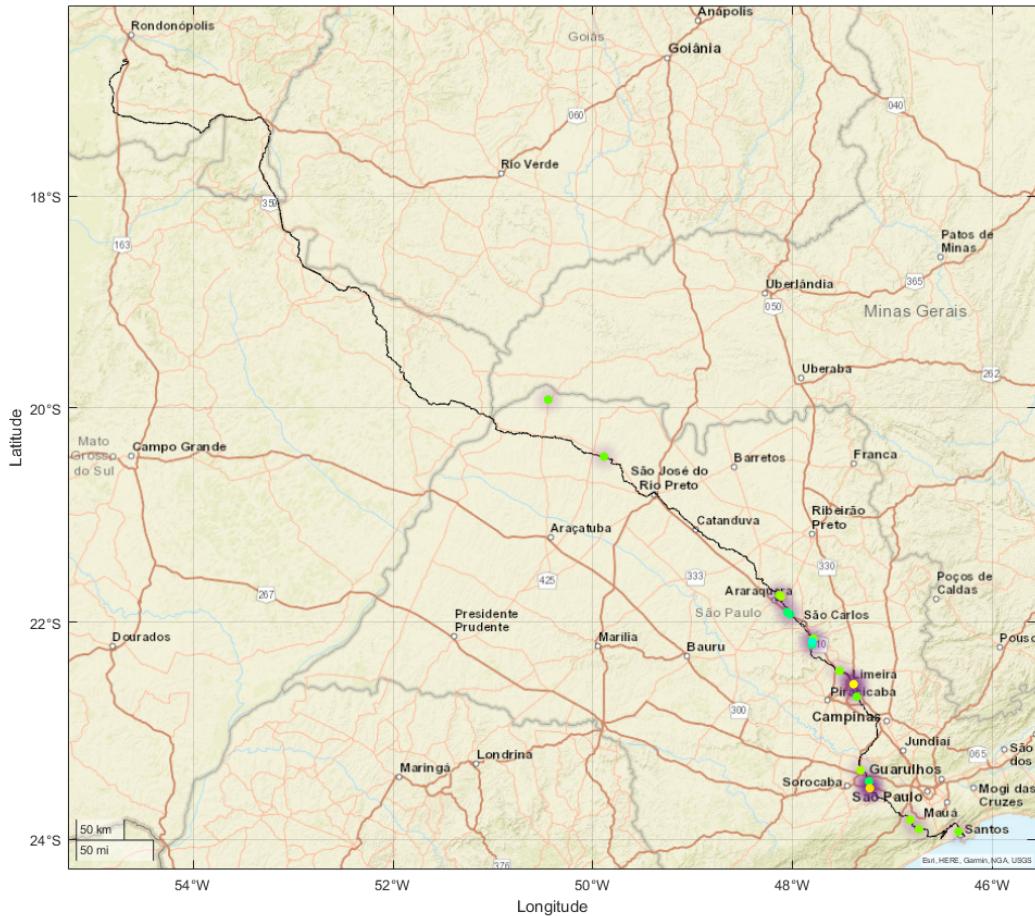


Fonte: IPT

Figura 31 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio

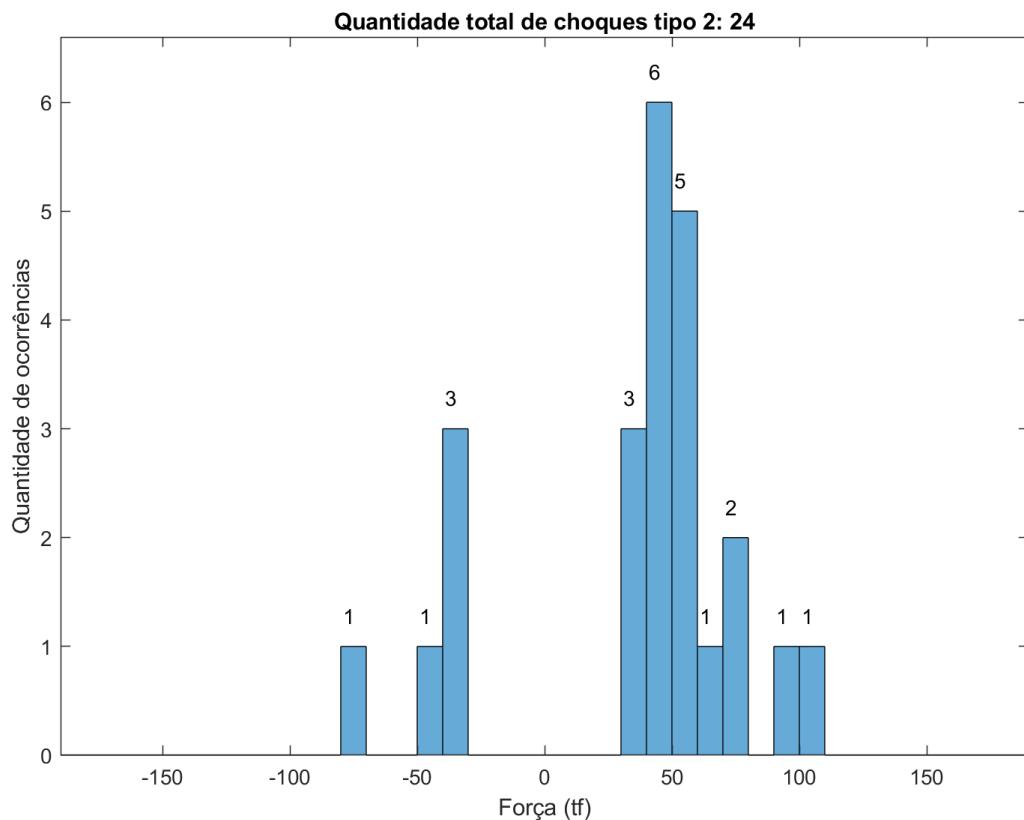


Fonte: IPT

Figura 32 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio

Fonte: IPT

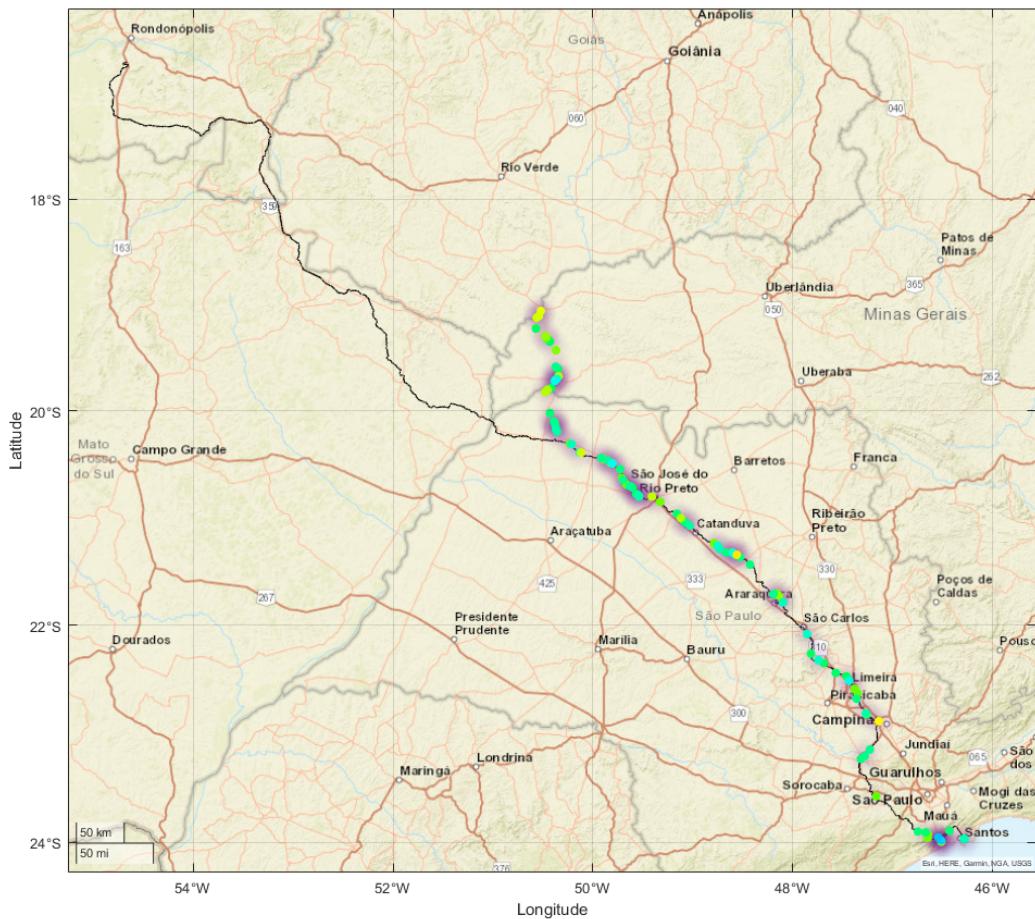
Figura 33 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio



Fonte: IPT

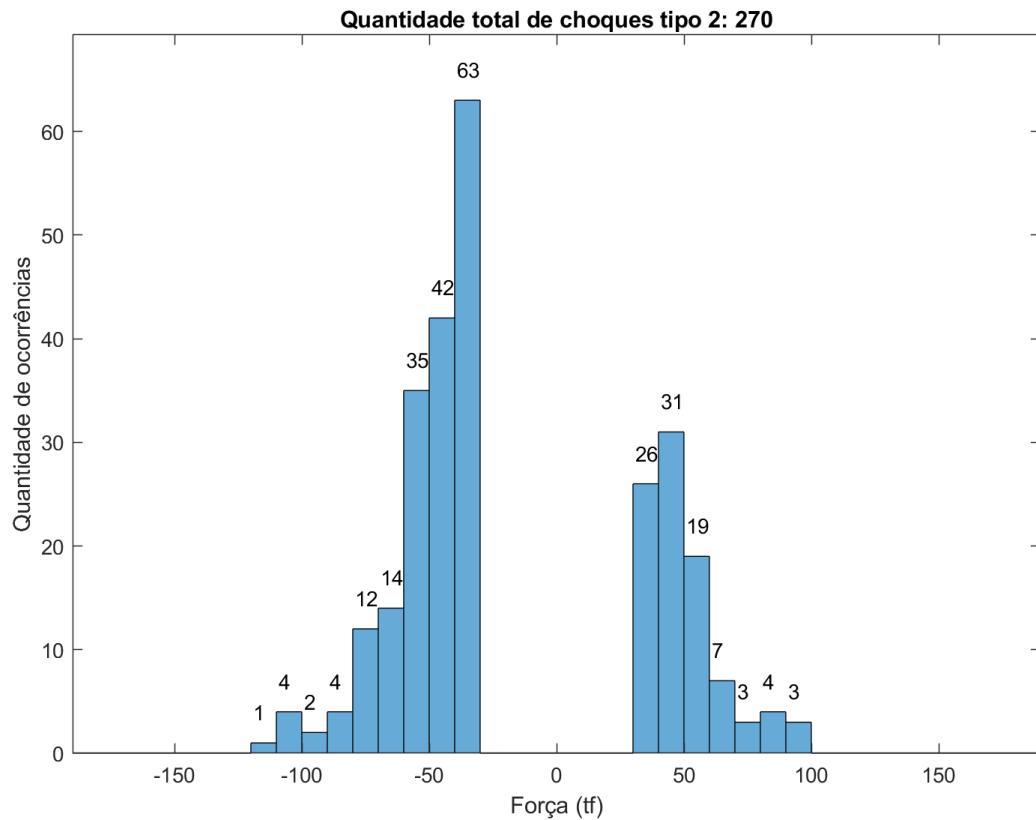
3.3.2.3 Trem prefixo ??, percurso ?? - PSS, carregado

Figura 34 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

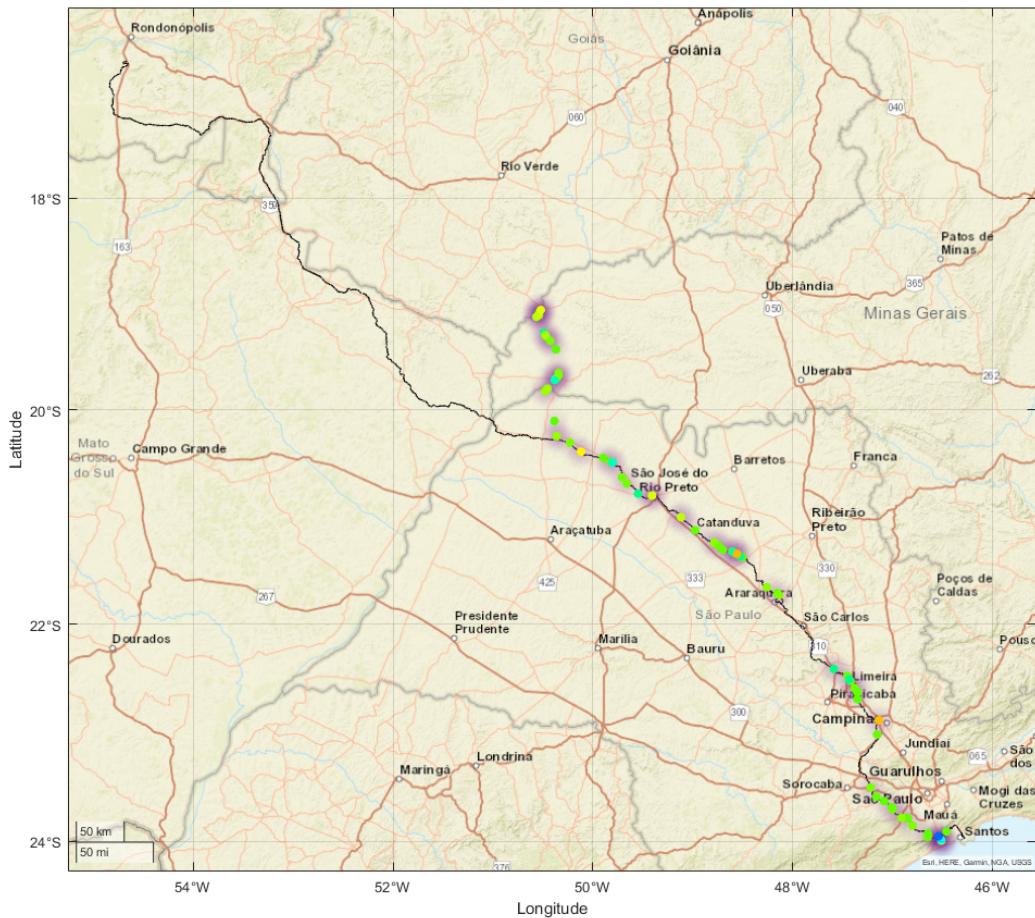


Fonte: IPT

Figura 35 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

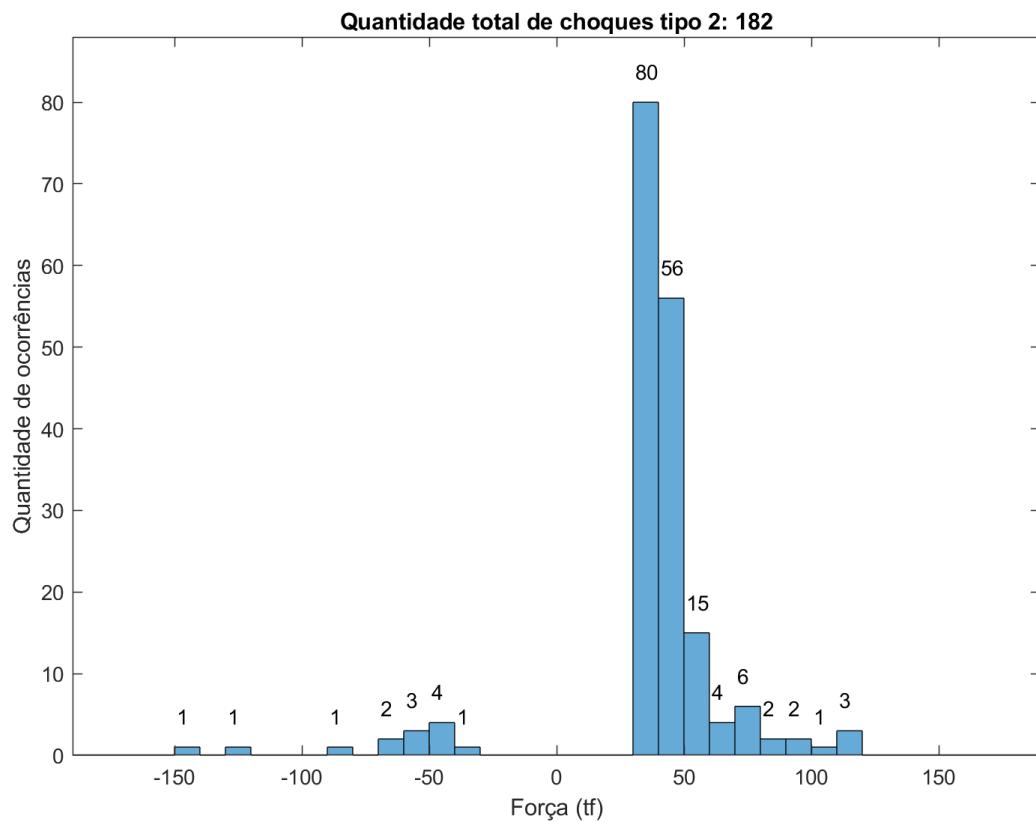


Fonte: IPT

Figura 36 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

Fonte: IPT

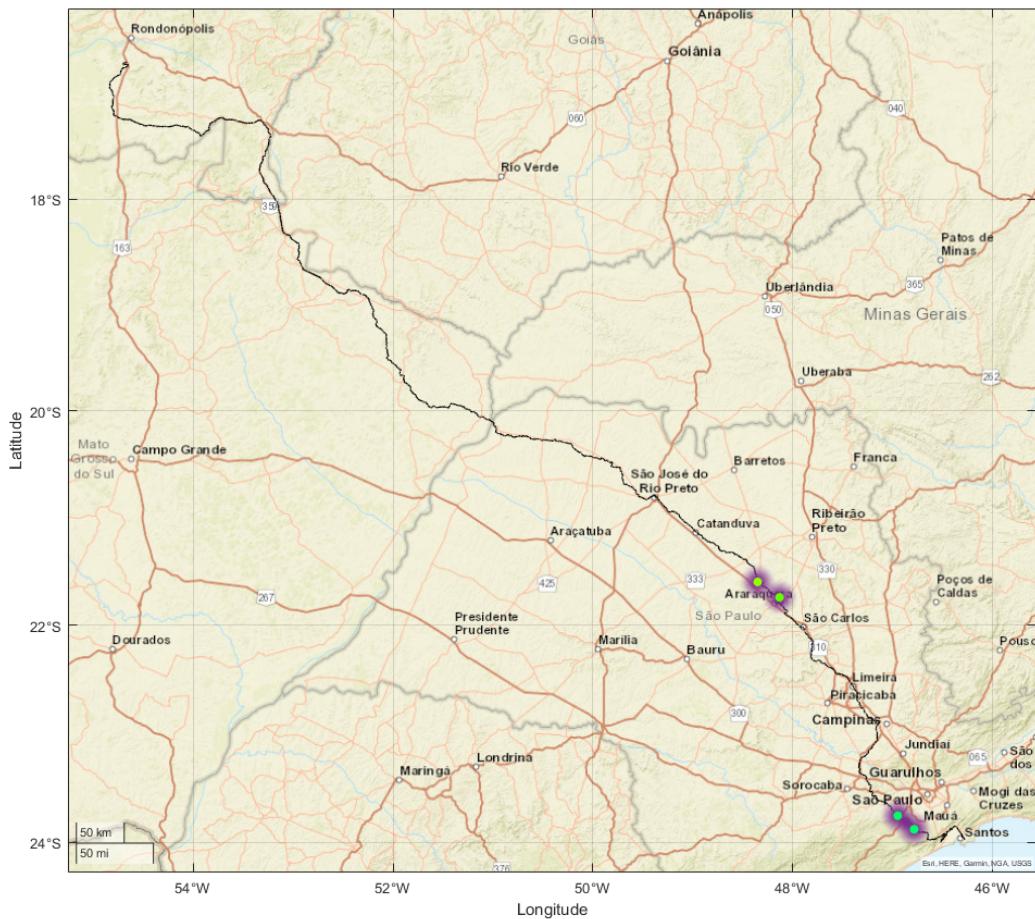
Figura 37 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado



Fonte: IPT

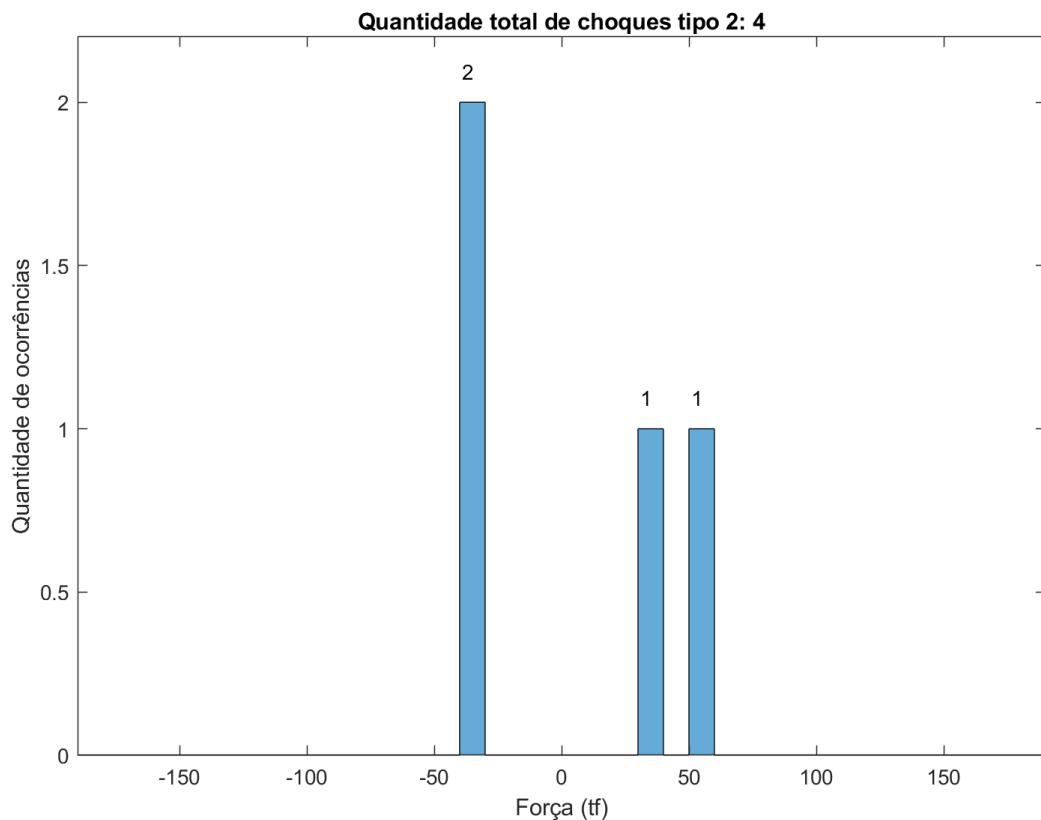
3.3.2.4 Trem prefixo ??, percurso PCZ - TRO, vazio

Figura 38 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio

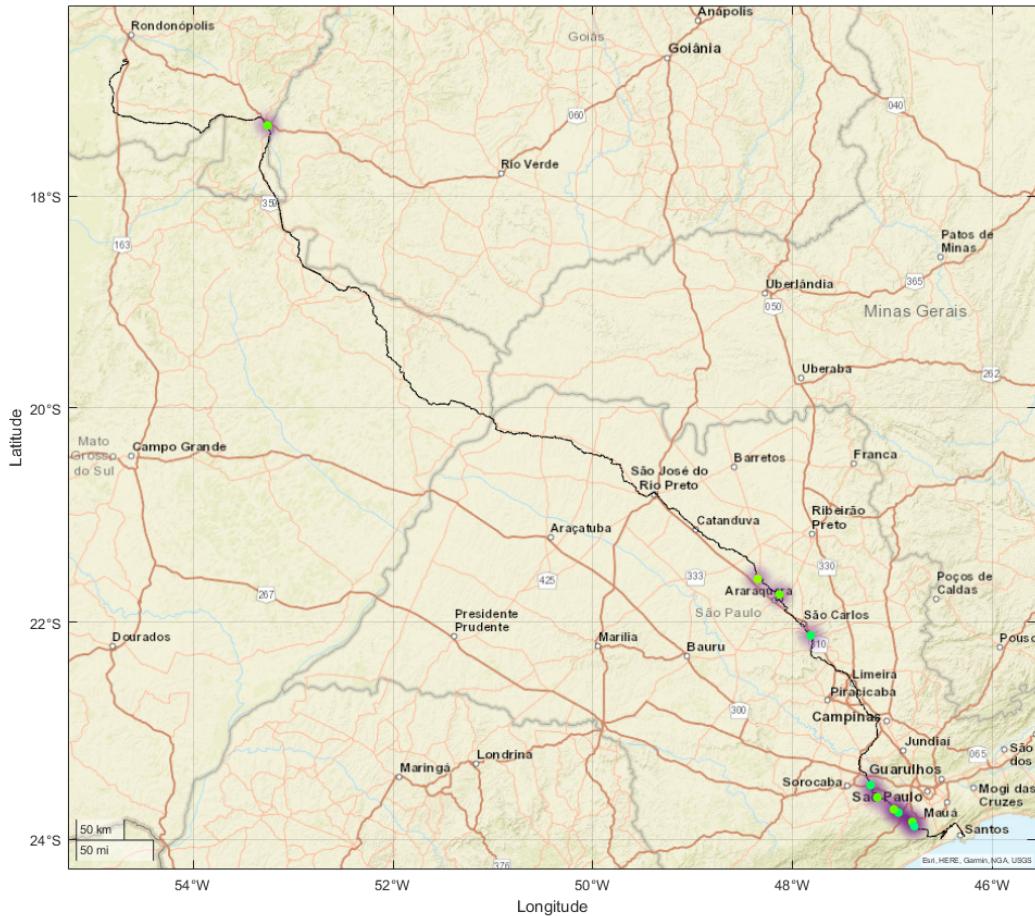


Fonte: IPT

Figura 39 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio

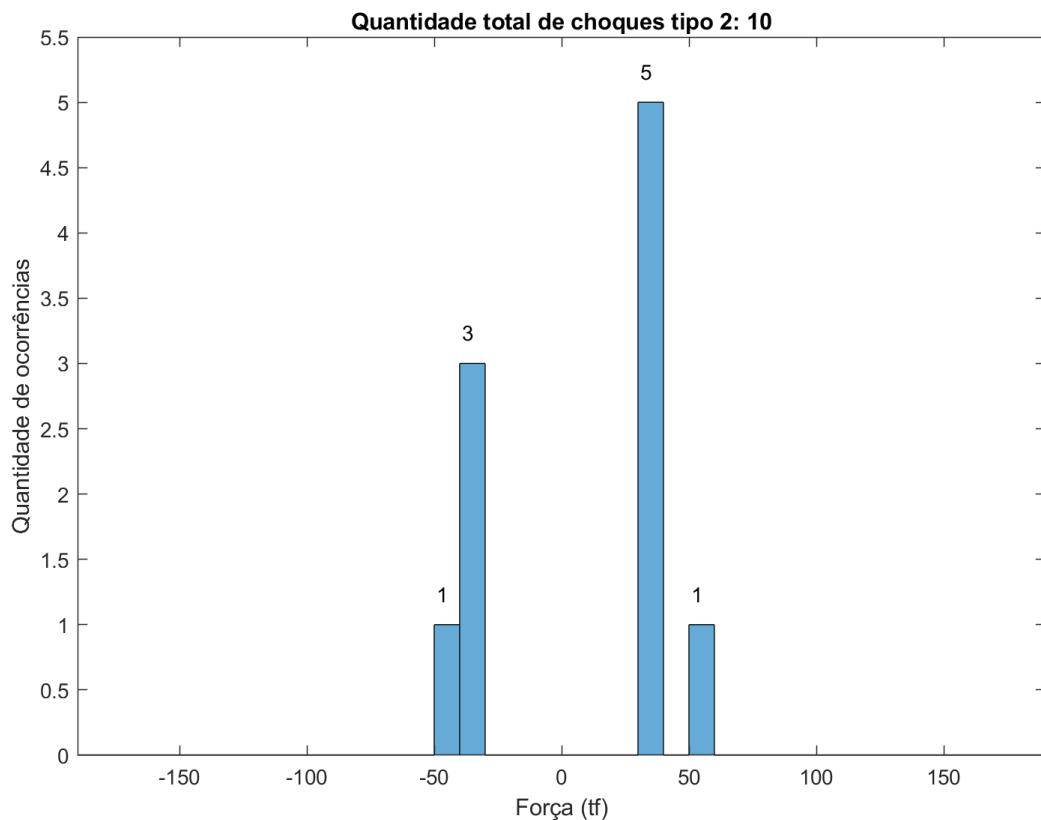


Fonte: IPT

Figura 40 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

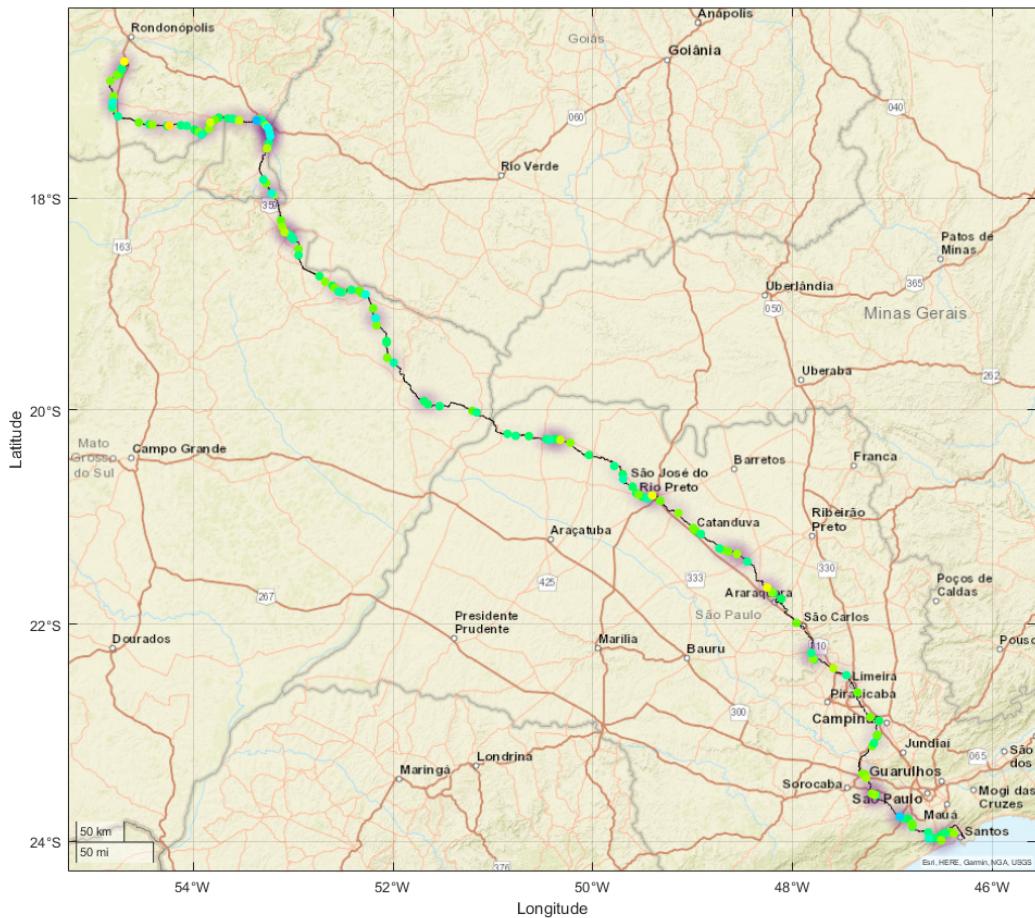
Fonte: IPT

Figura 41 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio



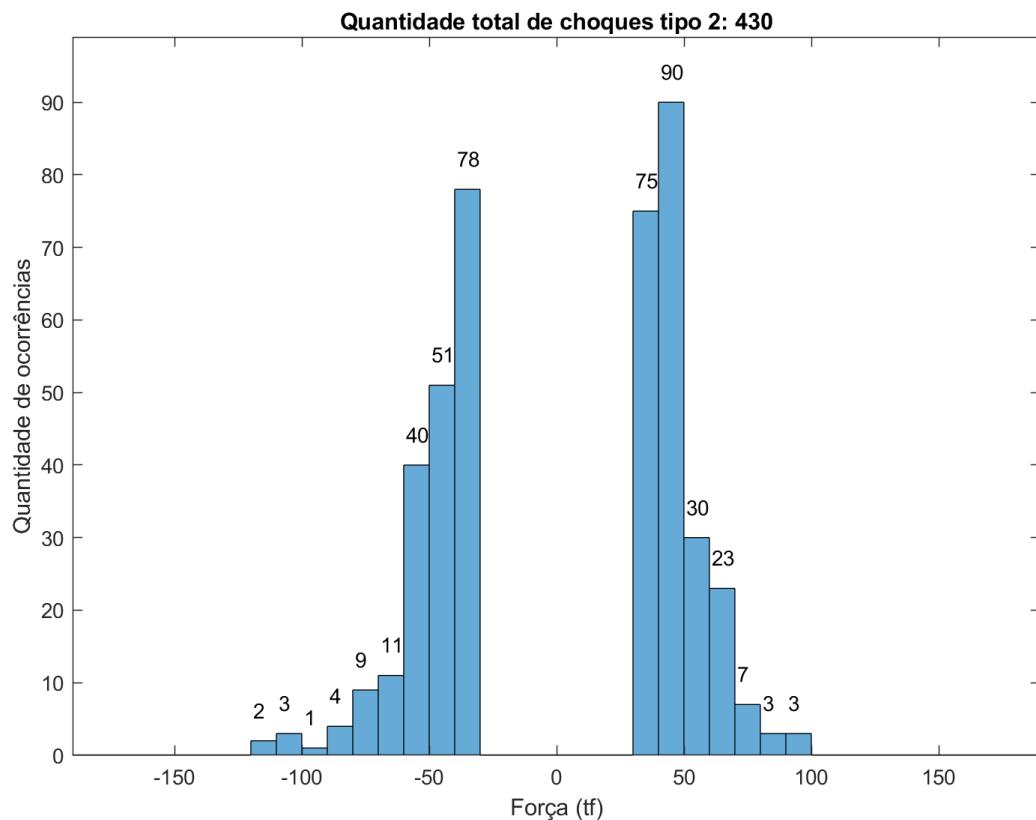
Fonte: IPT

3.3.2.5 Trem prefixo ??, percurso TRO - PSN, carregado

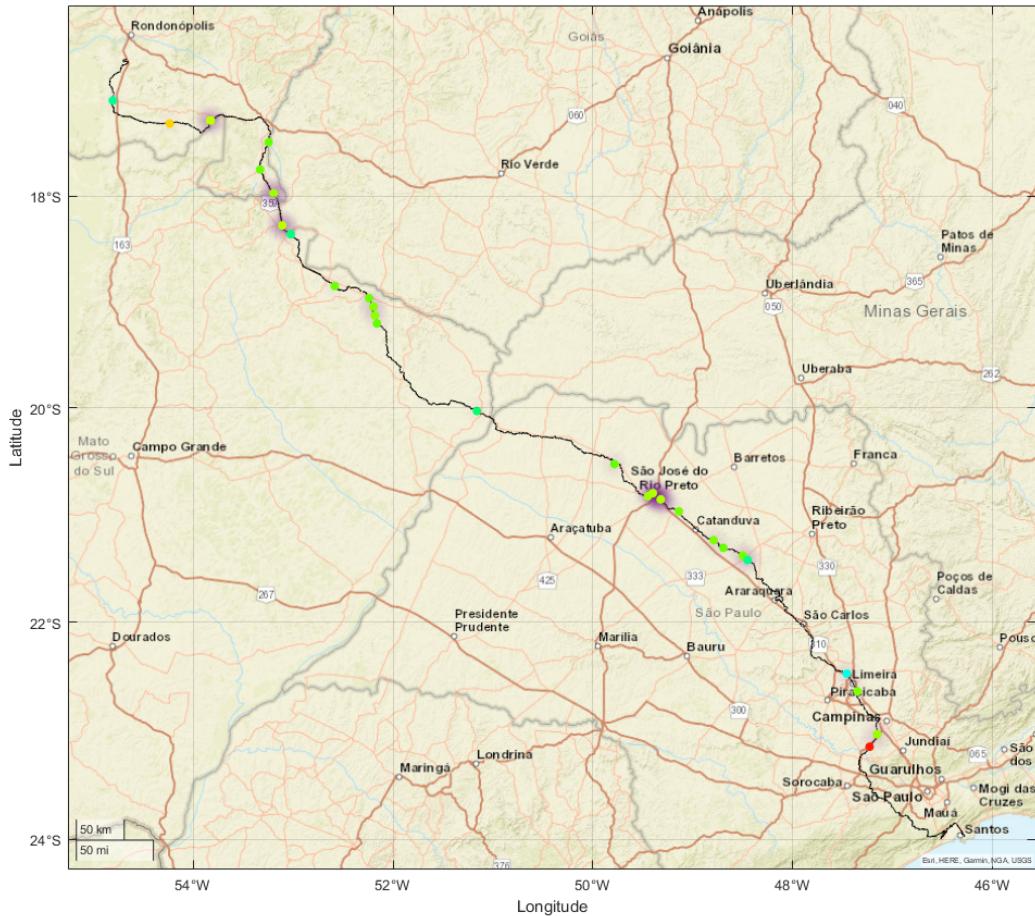
Figura 42 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

Fonte: IPT

Figura 43 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

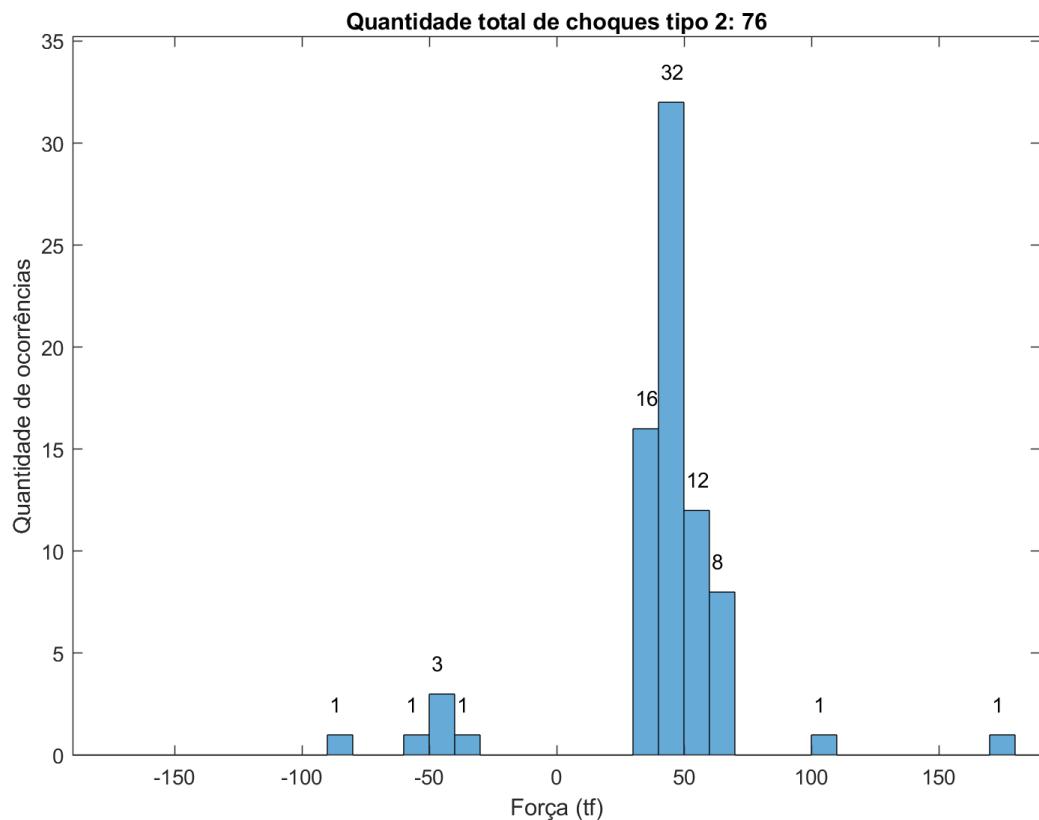


Fonte: IPT

Figura 44 – Choque tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Fonte: IPT

Figura 45 – Histograma dos choques tipo 2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

3.3.3 Esforços críticos

A definição de esforço crítico acordada entre a ??? e o IPT são os esforços que atendam ao critério:

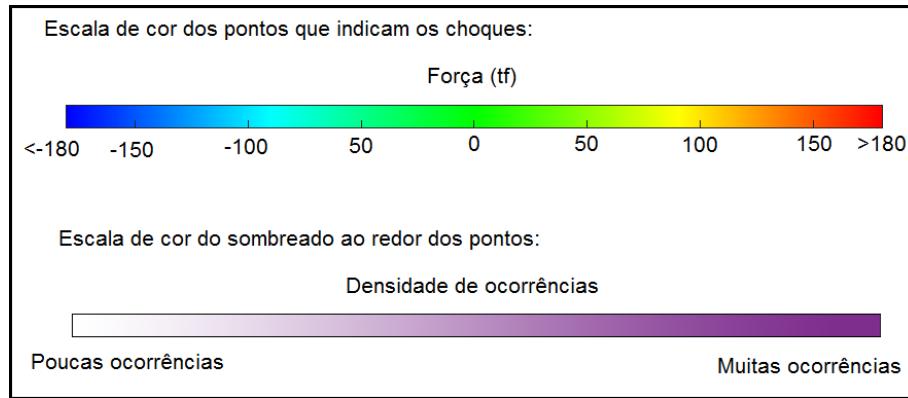
- ✓ para todo o esforço que ultrapassar 136 tf;
- ✓ anotar o tempo que o esforço permanece acima de 136 tf;
- ✓ indicar o maior esforço encontrado neste período e os demais parâmetros no mesmo instante do maior esforço.

O Anexo A apresenta o link para download das tabelas com os esforços críticos que atendem ao critério estabelecido pelo Cliente, as viagens foram segregadas em Rio Claro – Rondonópolis e Rondonópolis – Santos.

Caso o vagão esteja em uma localização cuja coordenada GPS não possui correspondente próximo no mapeamento GPS fornecido pelo Cliente as informações posição, Placa Virtual e Trecho não aparecerão na tabela.

A seguir são apresentadas as Figuras 47 a 62 com mapas gráficos e histogramas dos esforços críticos encontrados.

Os mapas gráficos dos esforços críticos seguem o mesmo padrão dos apresentados nos choques e apresentam pontos que indicam os locais de ocorrências dos choques, sua cor indica a intensidade (vide escala da Figura 46) e o sombreado na cor lilás indica a densidade de ocorrências, ou seja, o sombreado fica mais evidente quando ocorrem muitos choques seguidos em uma região.

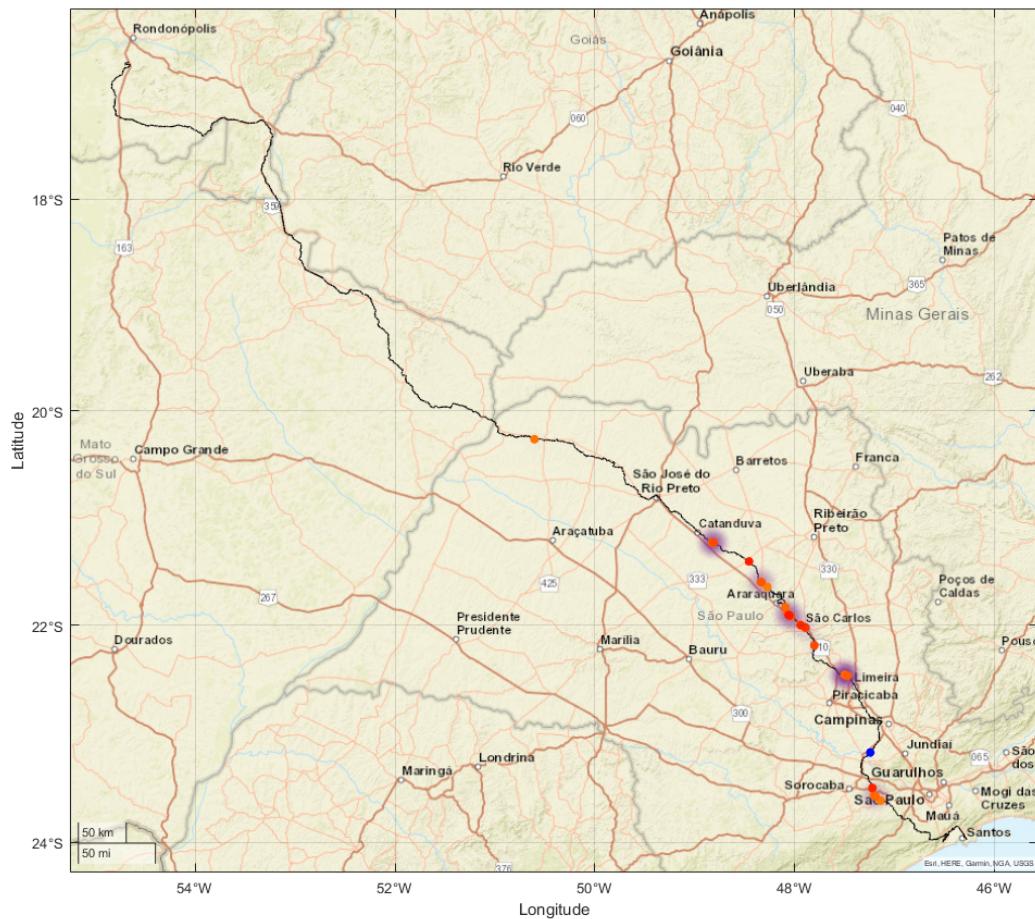
Figura 46 – Legenda utilizada nos mapas gráficos

Fonte: IPT

Como na definição de esforço crítico só são mostrados os esforços de tração e compressão superiores a 136 tf, optou-se por criar histogramas separados. Por este motivo os histogramas de esforços críticos possuem resolução maior e adotam largura de banda de 5 tf. O número acima de cada barra indica a quantidade de ocorrências na banda.

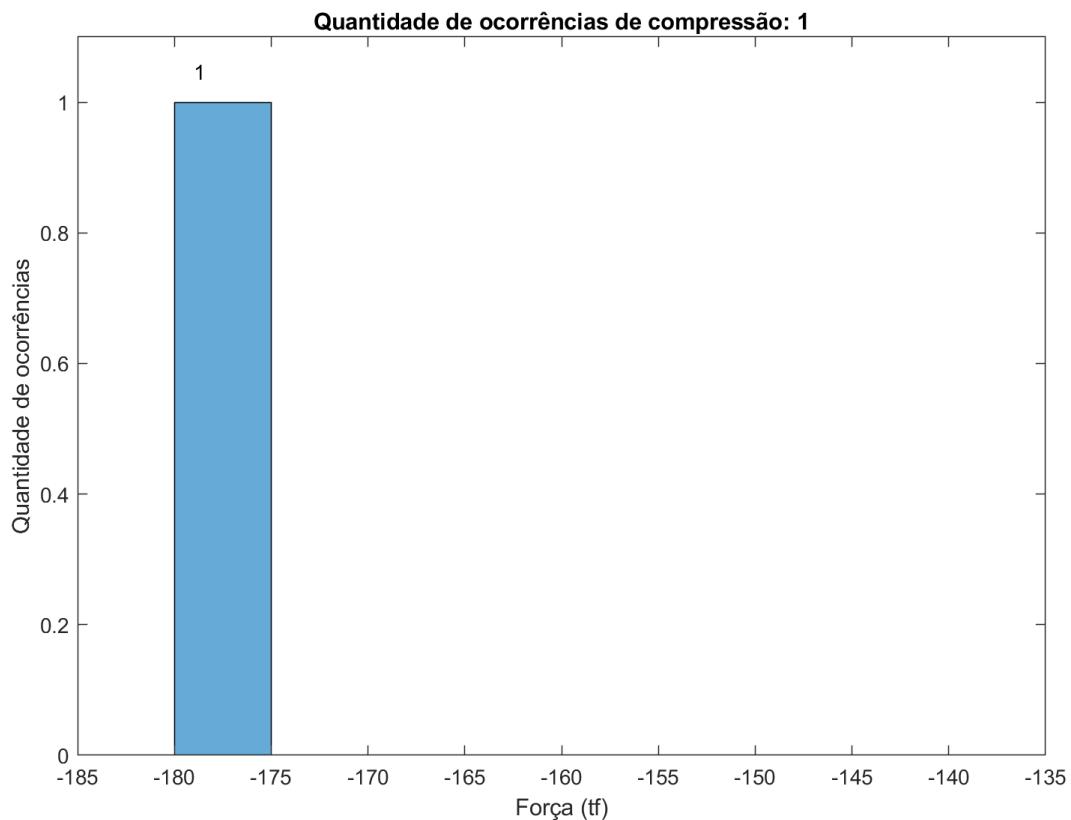
3.3.3.1 Viagem do trem ??, percurso TRO - PSN, carregado

Figura 47 – Esforços críticos, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



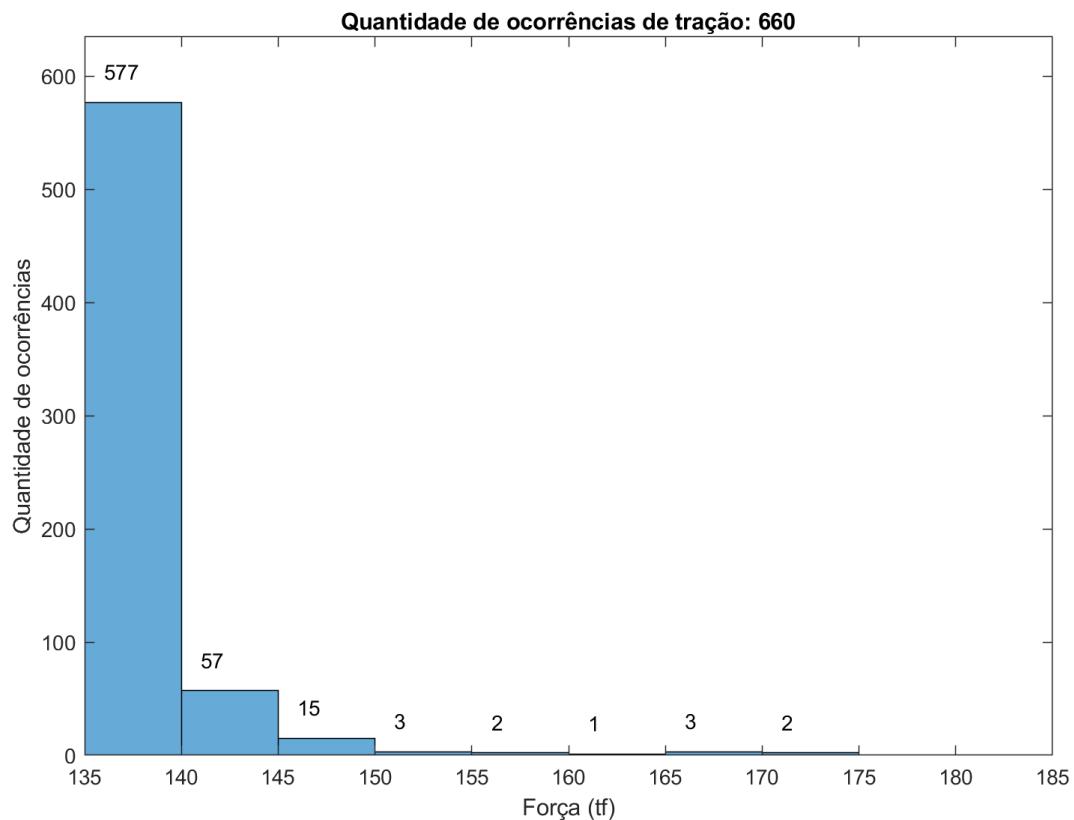
Fonte: IPT

Figura 48 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

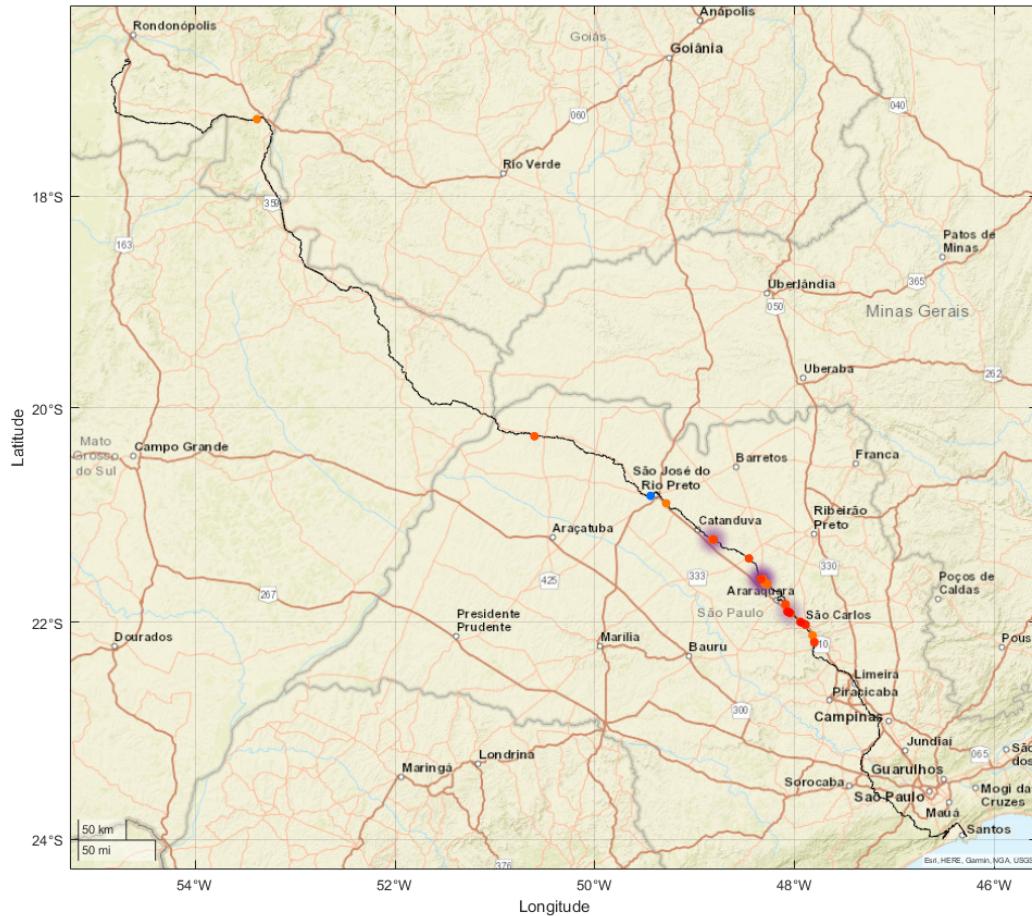


Fonte: IPT

Figura 49 – Histograma da tração, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

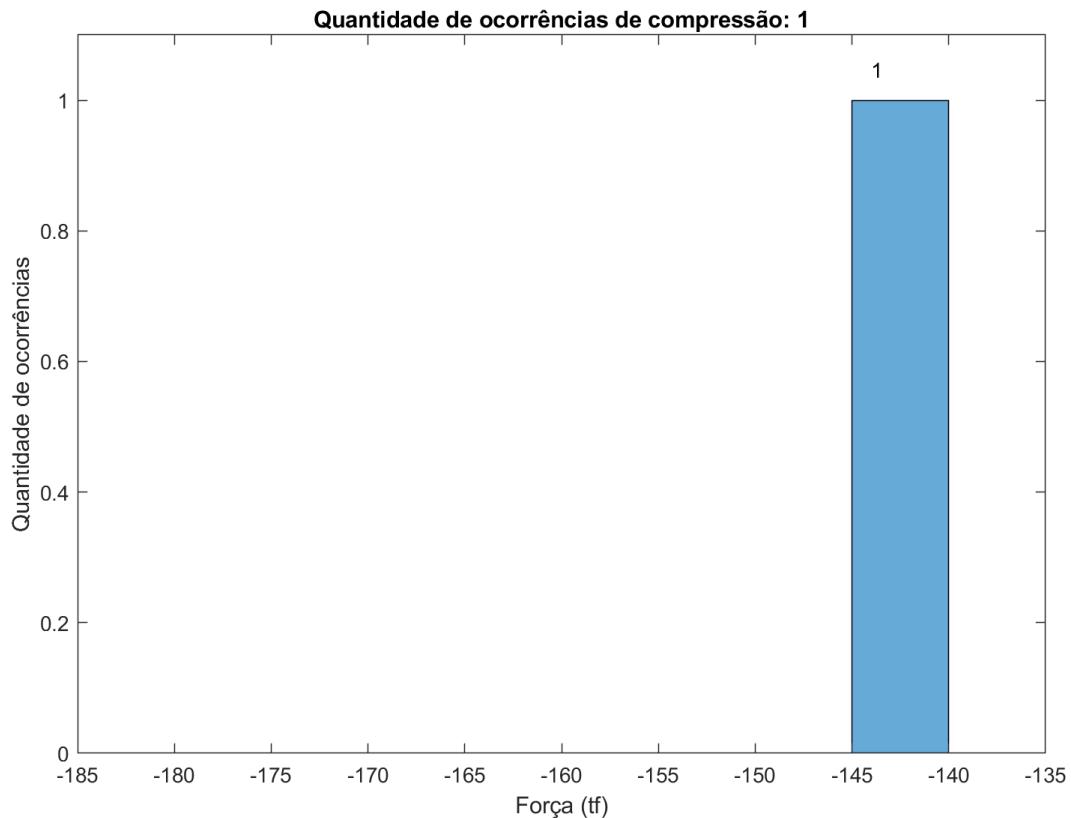


Fonte: IPT

Figura 50 – Esforços críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

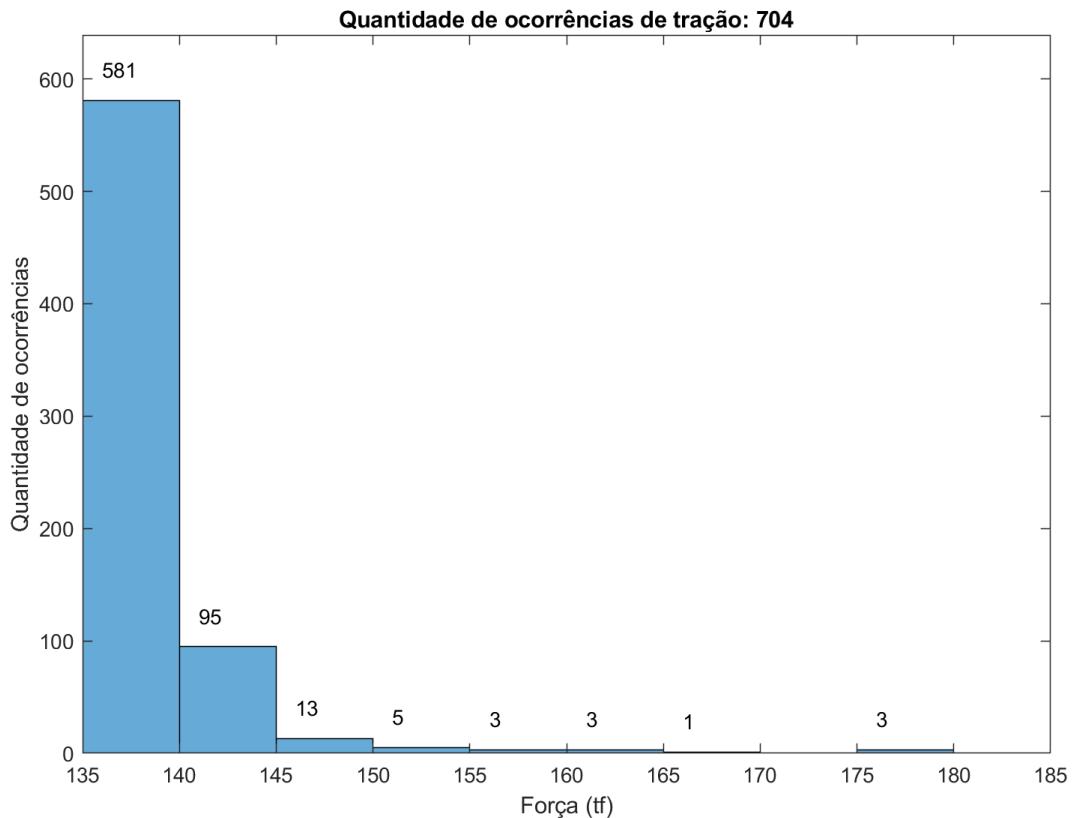
Fonte: IPT

Figura 51 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

Figura 52 – Histograma da tração, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

3.3.3.2 Viagem do trem ??, percurso PSN - PSS, vazio

Ambos os vagões não apresentaram esforços críticos nesta viagem em vazio.

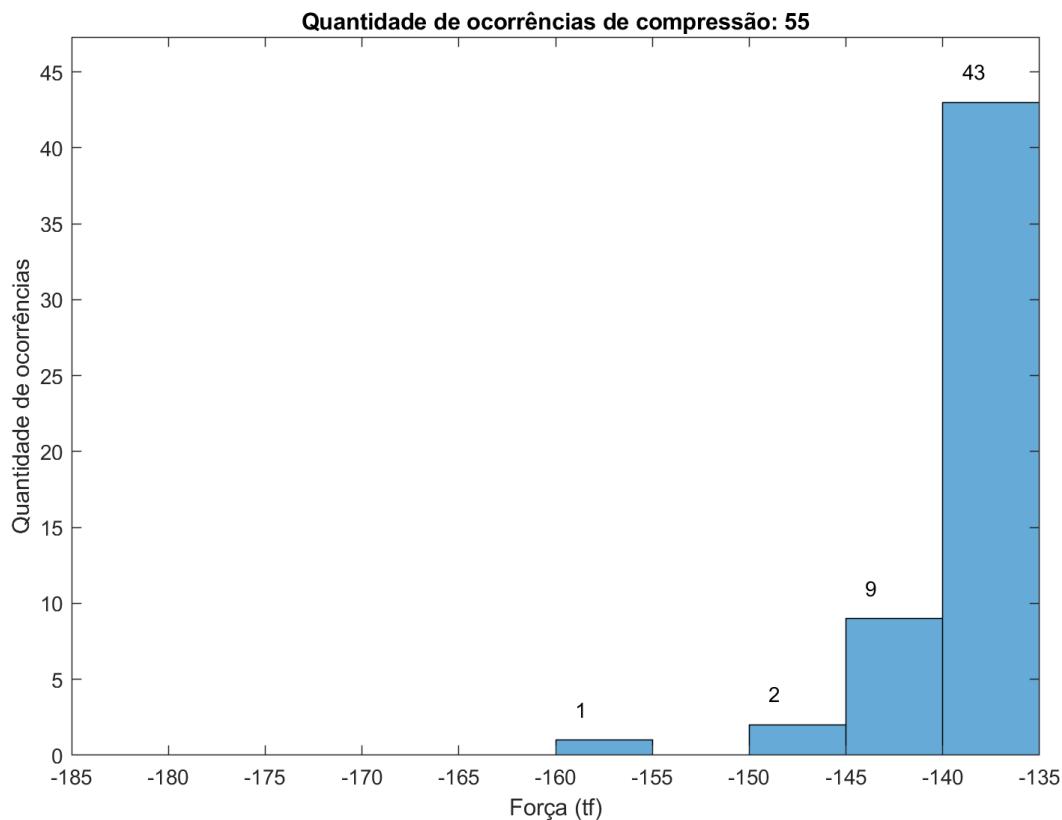
3.3.3.3 Viagem do trem ??, percurso ?? - PSS, carregado

Não ocorreram esforços críticos no engate E.

Figura 53 – Esforços críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

Fonte: IPT

Figura 54 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

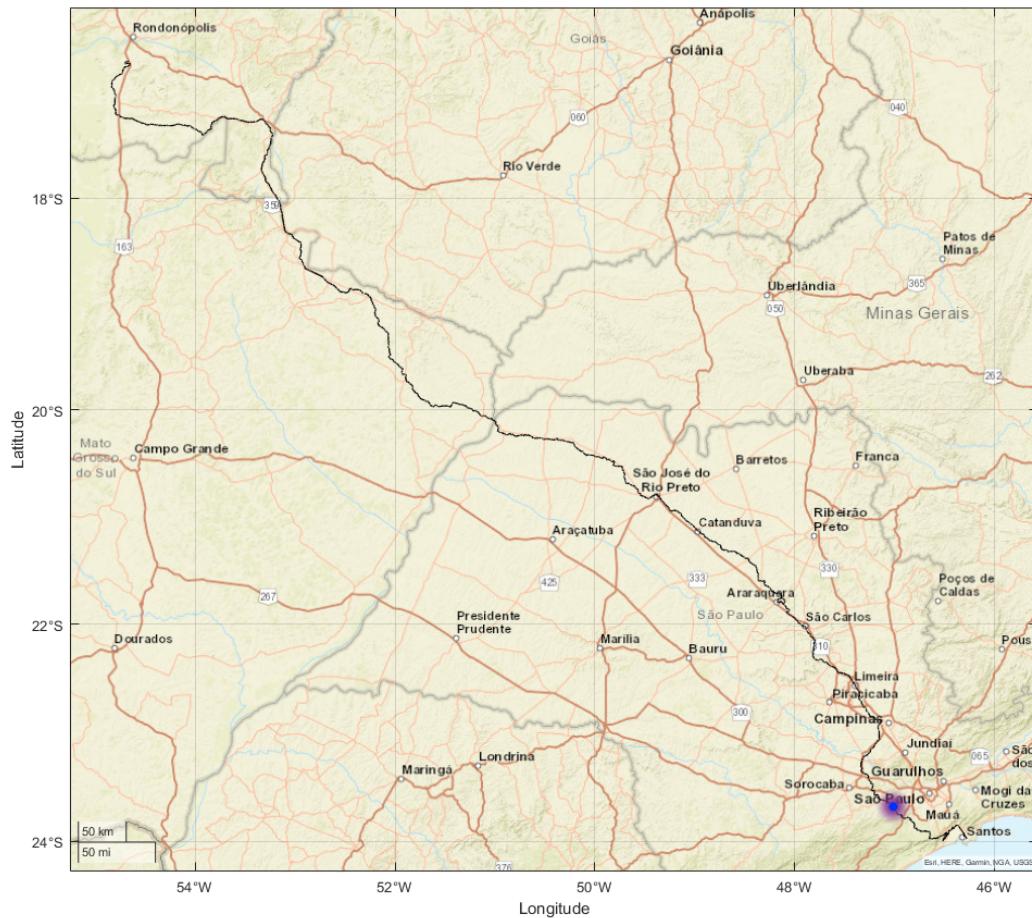


Fonte: IPT

Não ocorreram esforços críticos de tração no engate F.

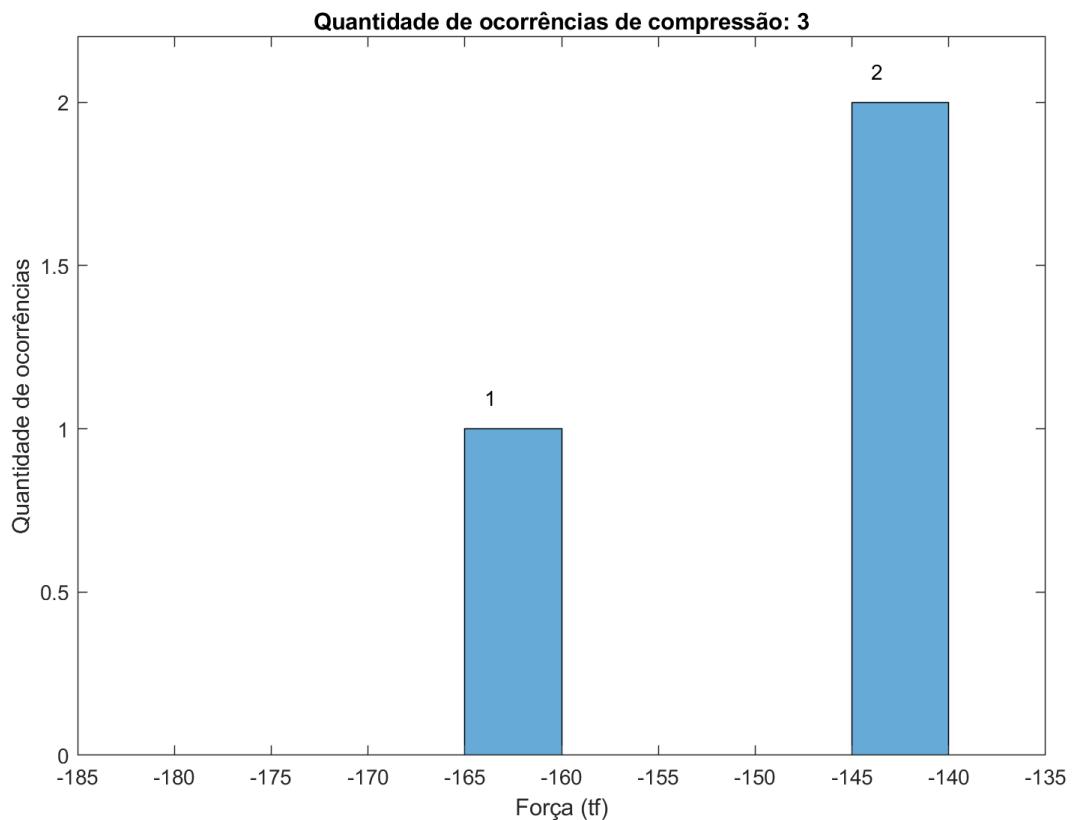
3.3.3.4 Viagem do trem ??, percurso PCZ - TRO, vazio

O vagão????, engate E, não apresentou nenhum esforço crítico nesta viagem em vazio.

Figura 55 – Esforços críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

Fonte: IPT

Figura 56 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

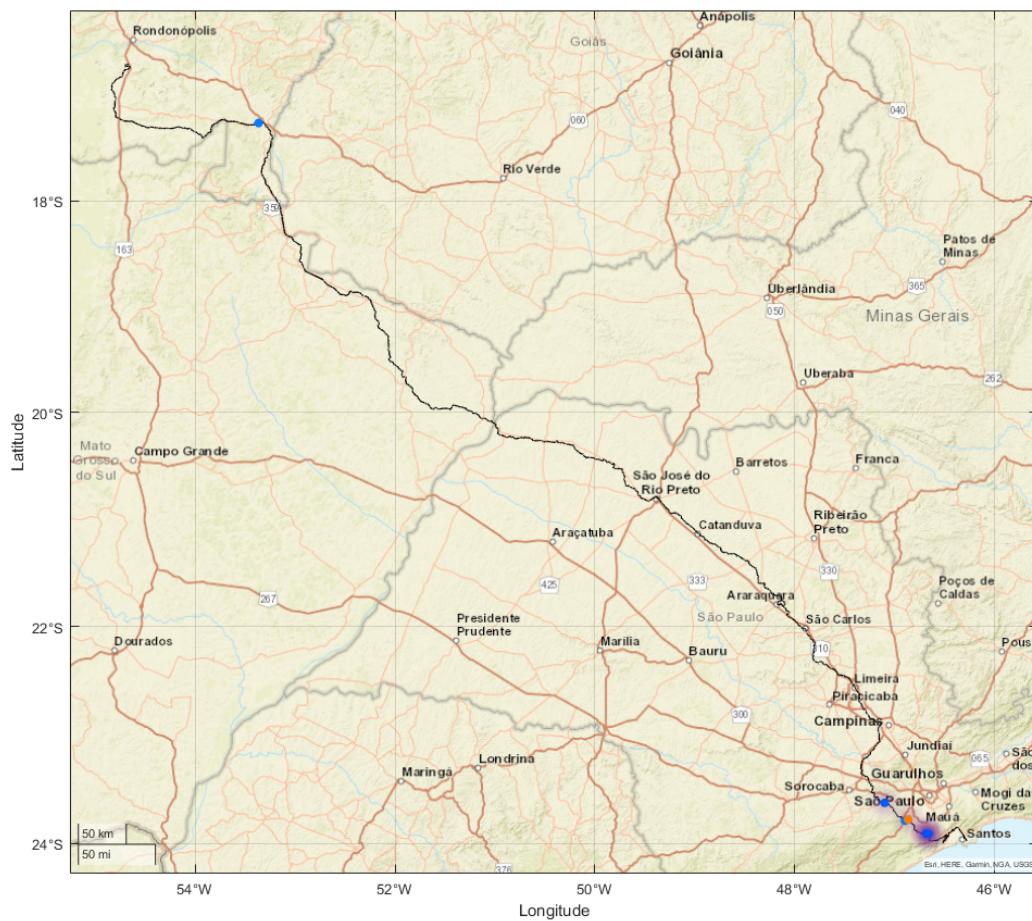


Fonte: IPT

Não ocorreram esforços críticos de tração no engate F.

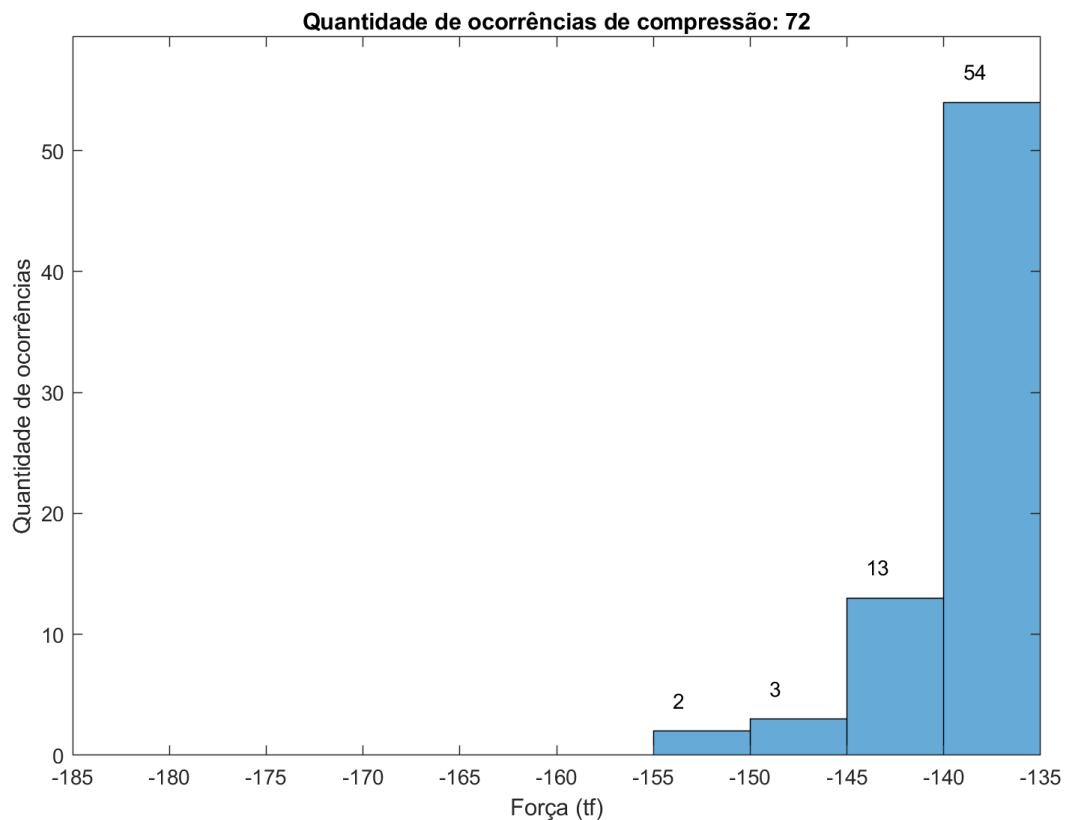
3.3.3.5 Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

Figura 57 – Esforços críticos, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



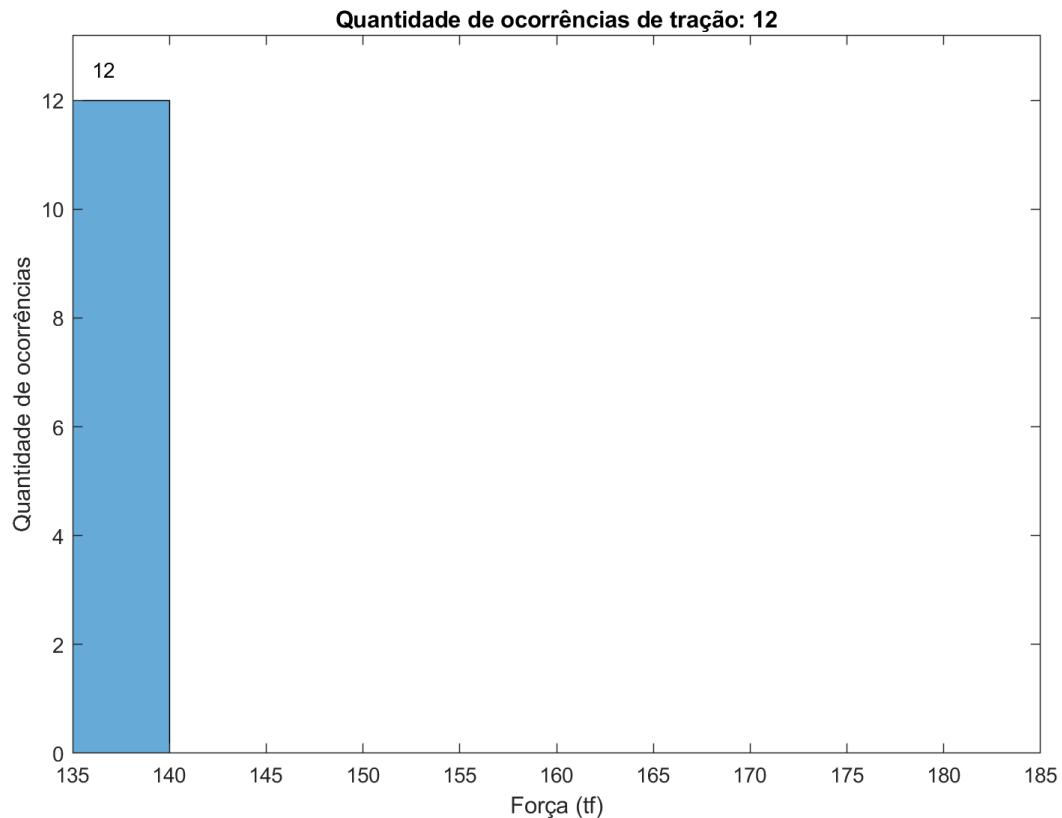
Fonte: IPT

Figura 58 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

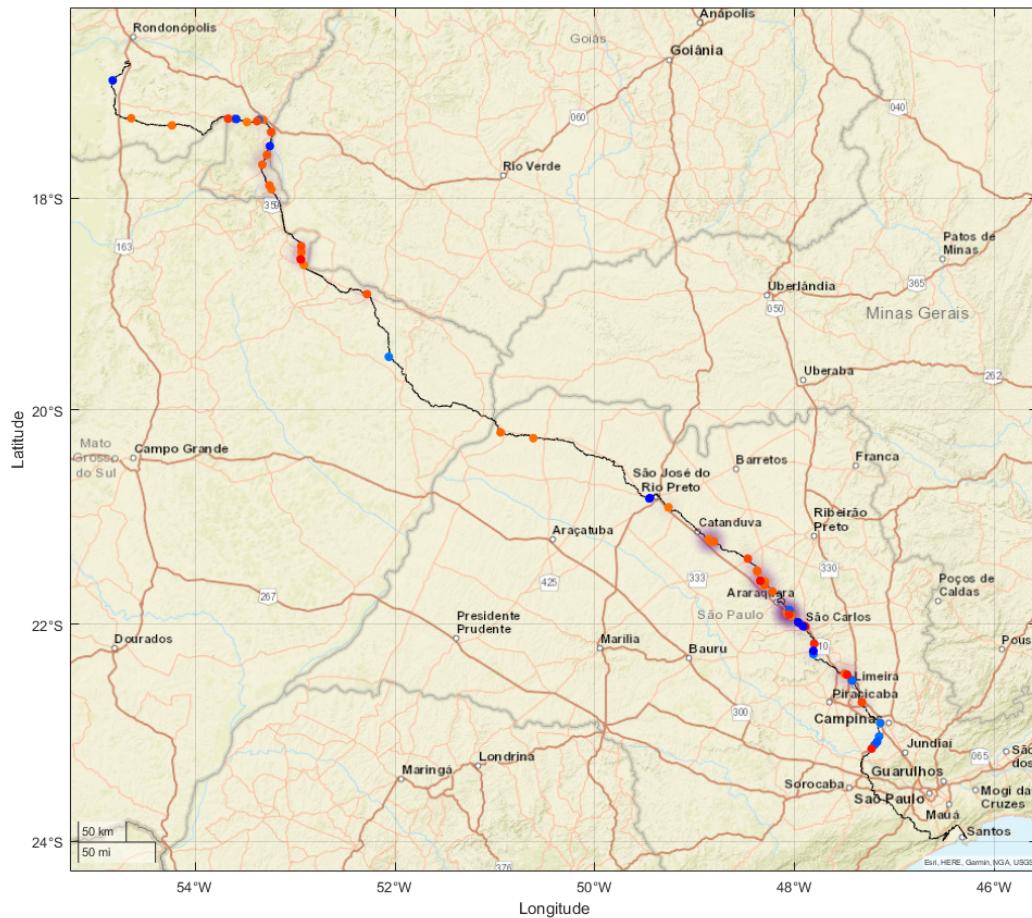


Fonte: IPT

Figura 59 – Histograma da tração, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

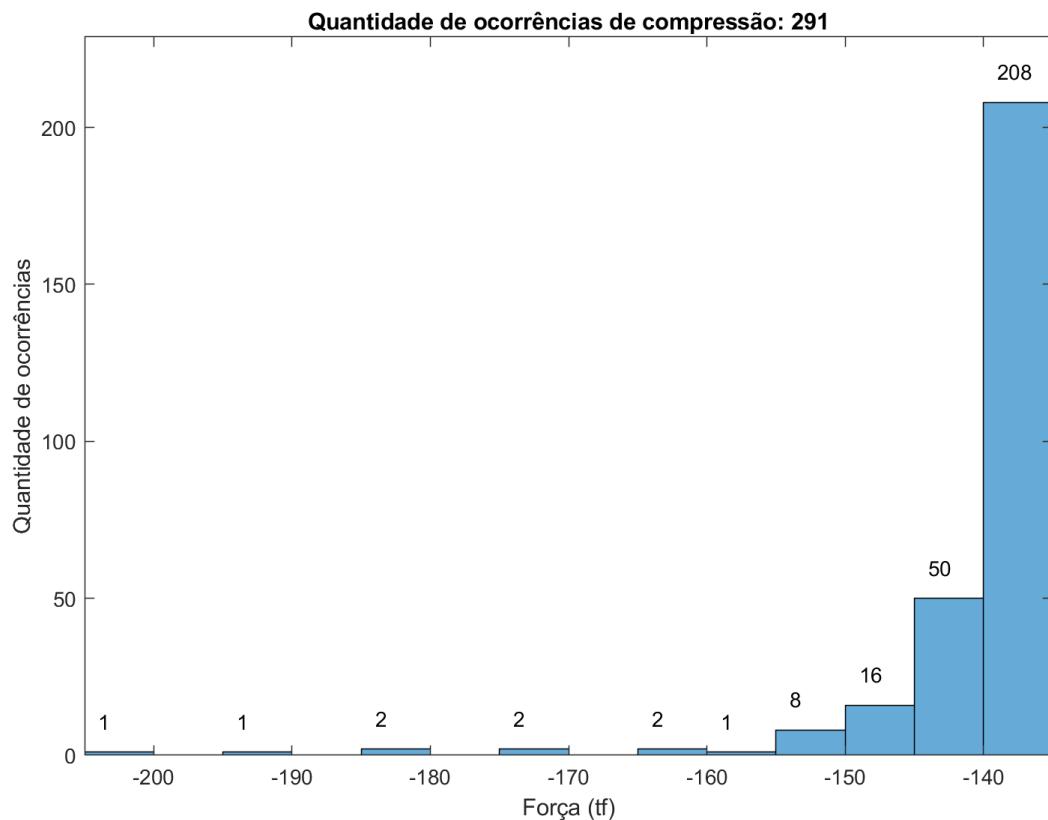


Fonte: IPT

Figura 60 – Esforços críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

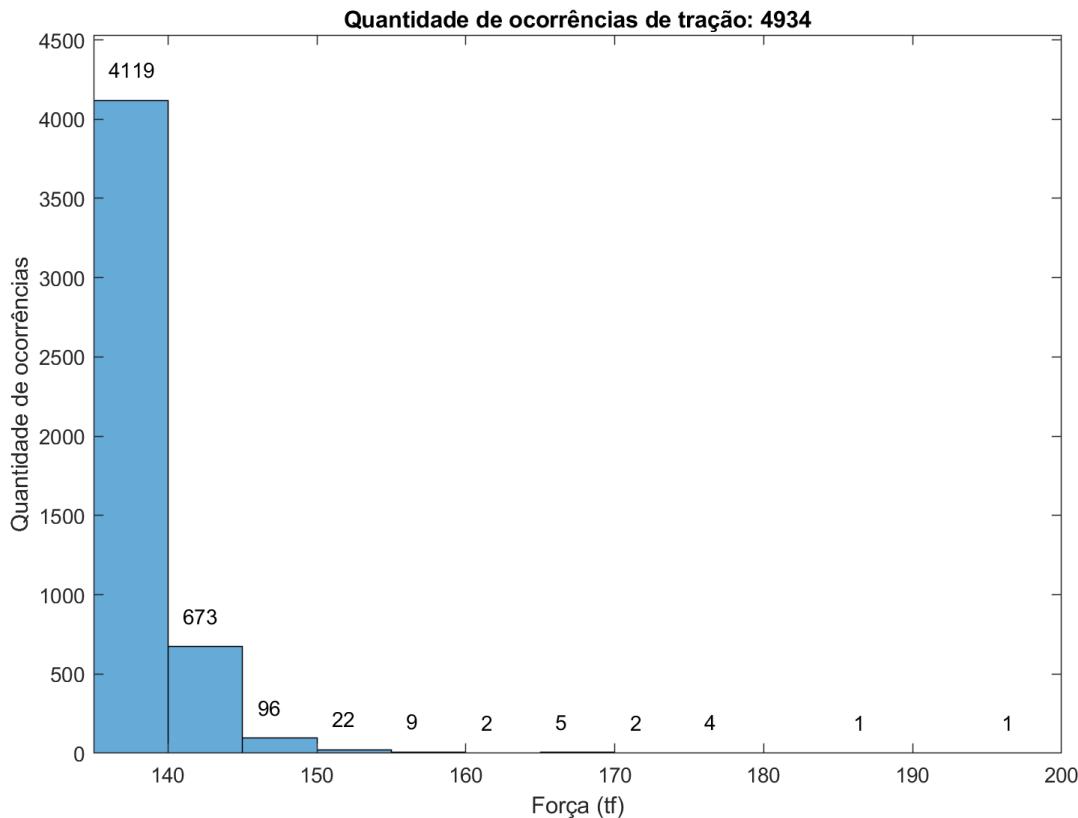
Fonte: IPT

Figura 61 – Histograma da compressão, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

Figura 62 – Histograma da tração, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



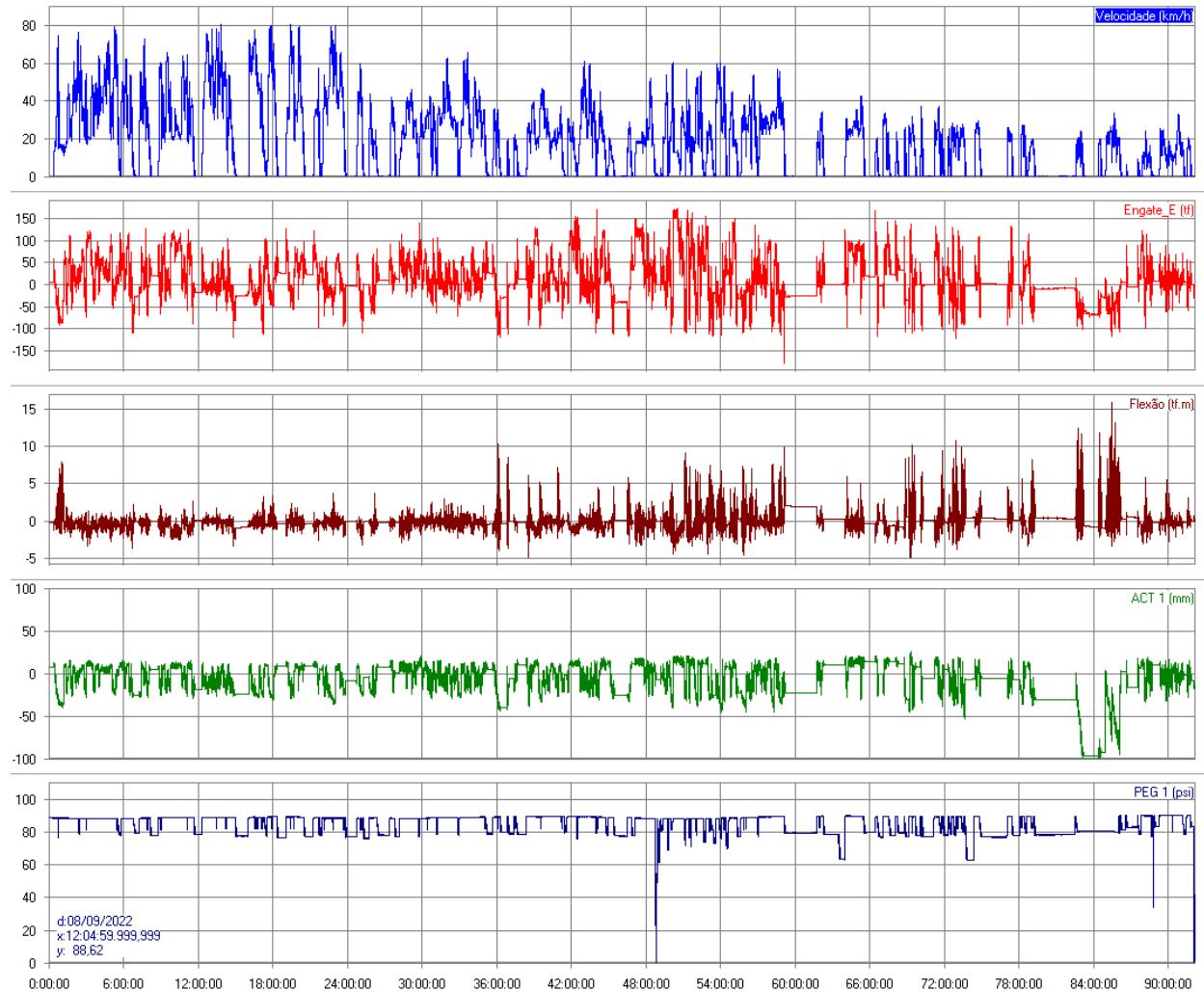
Fonte: IPT

3.3.4 Gráficos gerais das viagens

Esta seção apresenta os gráficos com os esforços trativos ocorridos durante o percurso, Figuras 63 a 72.

É possível observar nos gráficos gerais que a flexão do engate E, apresenta valores elevados quando o engate está em compressão. Tal comportamento foi percebido também durante a verificação da calibração dependendo da orientação da montagem realizada na bancada e do ponto de apoio entre os engates. Mantivemos este sinal nos gráficos apenas como informativo pois o objetivo deste canal é auxiliar a detecção de fim de curso lateral.

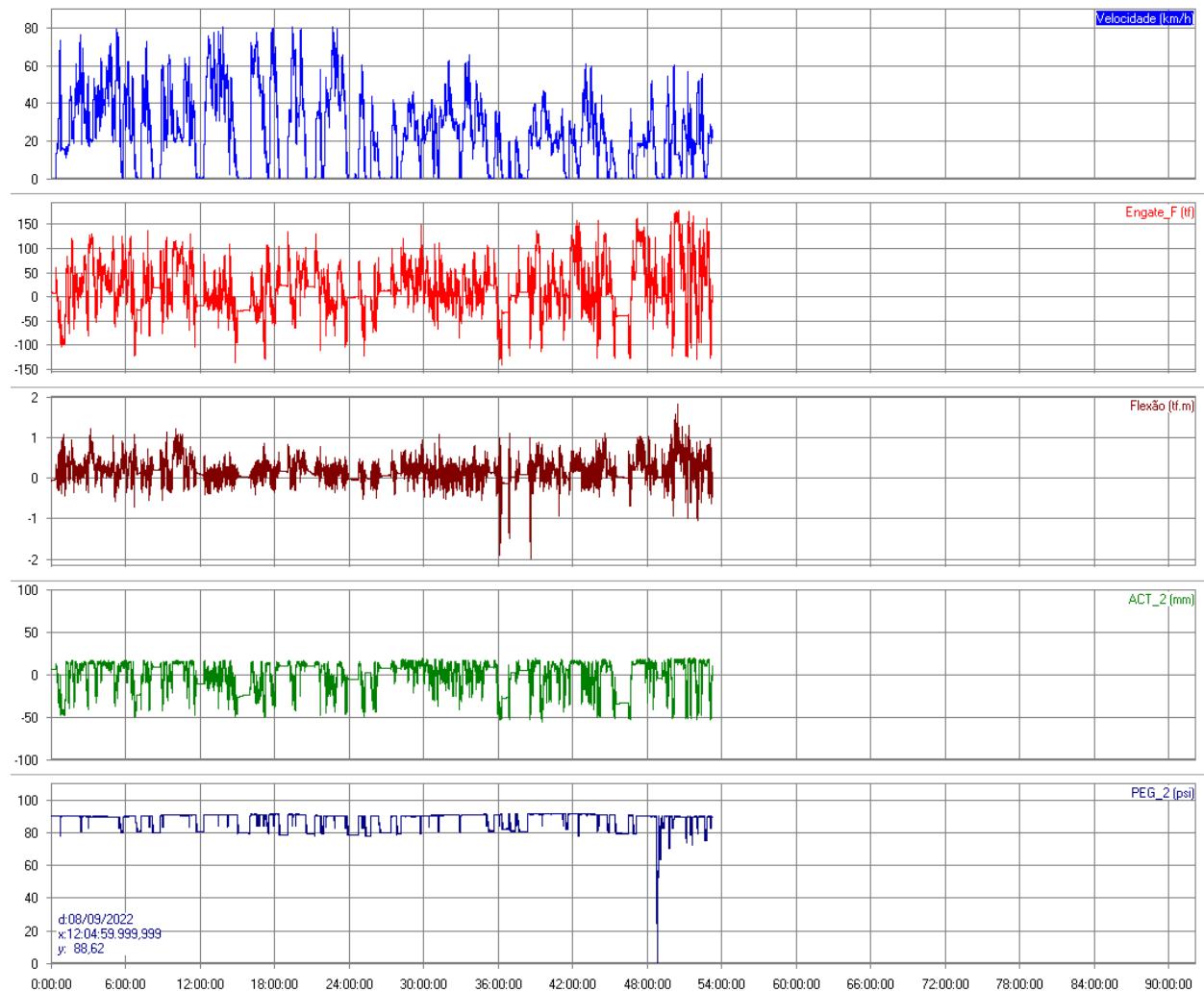
Figura 63 – Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

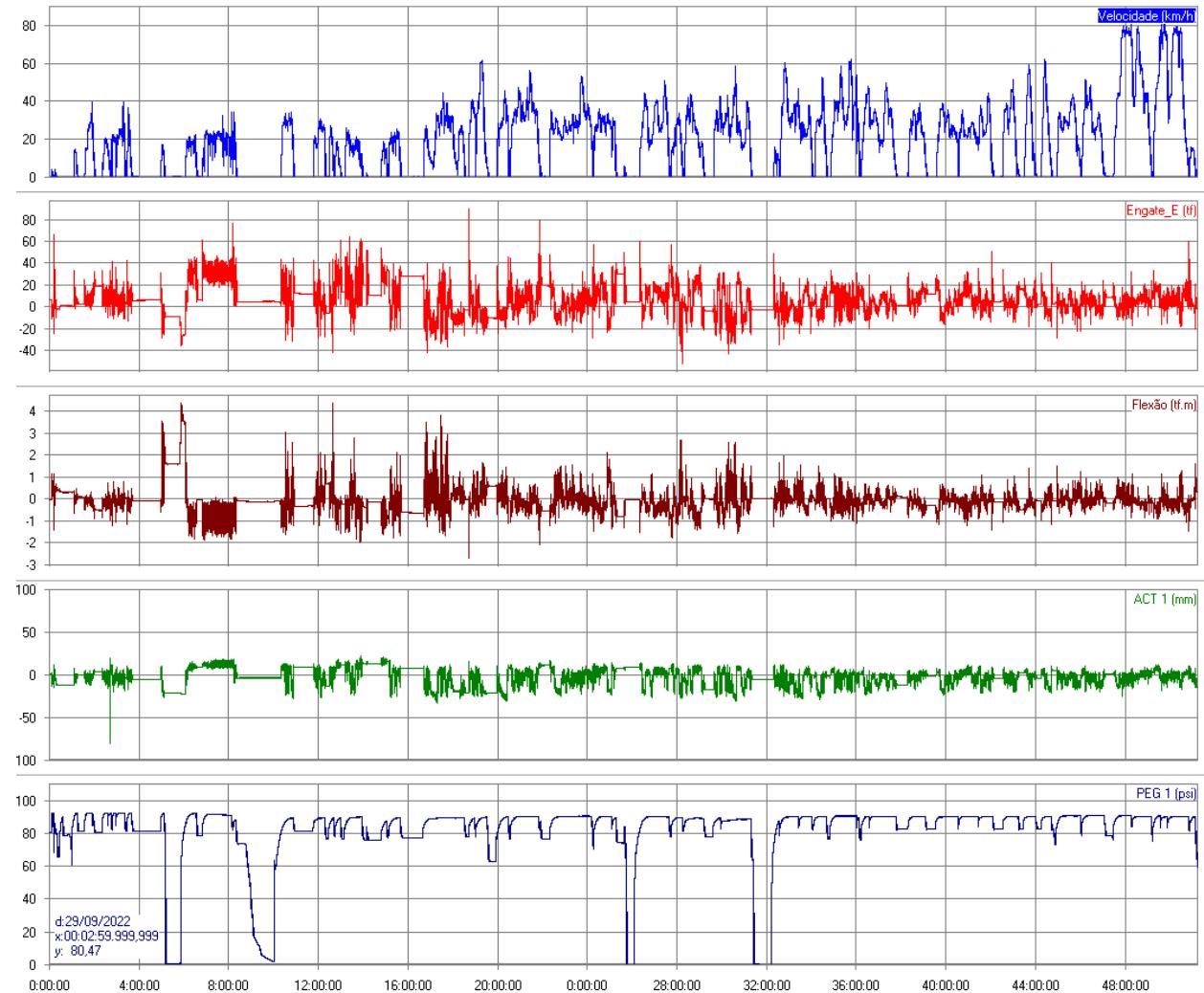
Para facilitar a comparação entre os engates, a escala de tempo do gráfico do engate F foi mantido o mesmo do Engate E. O sinal coletado do engate F termina antes devido a falta de energia.

Figura 64 – Viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



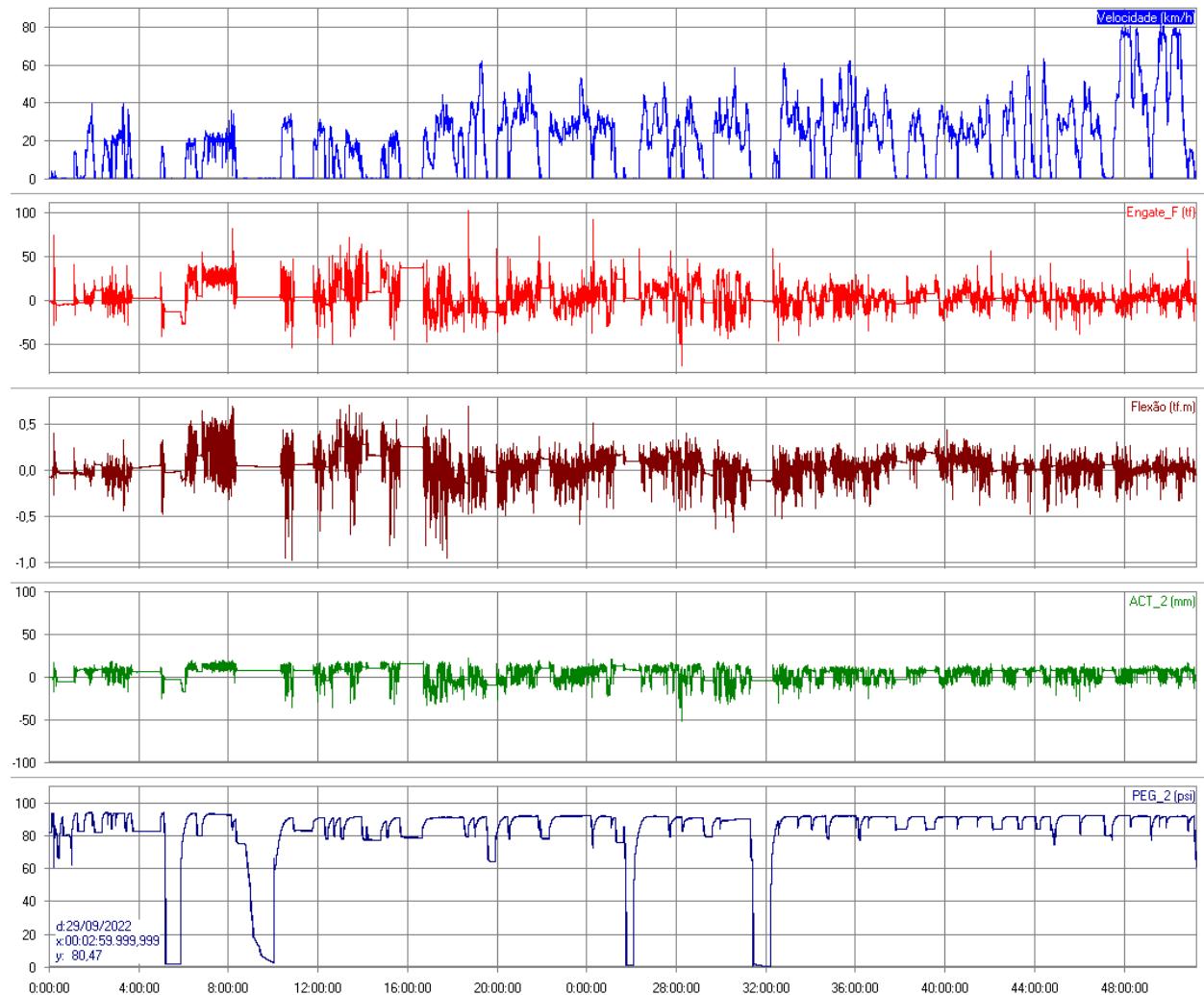
Fonte: IPT

Figura 65 – Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio



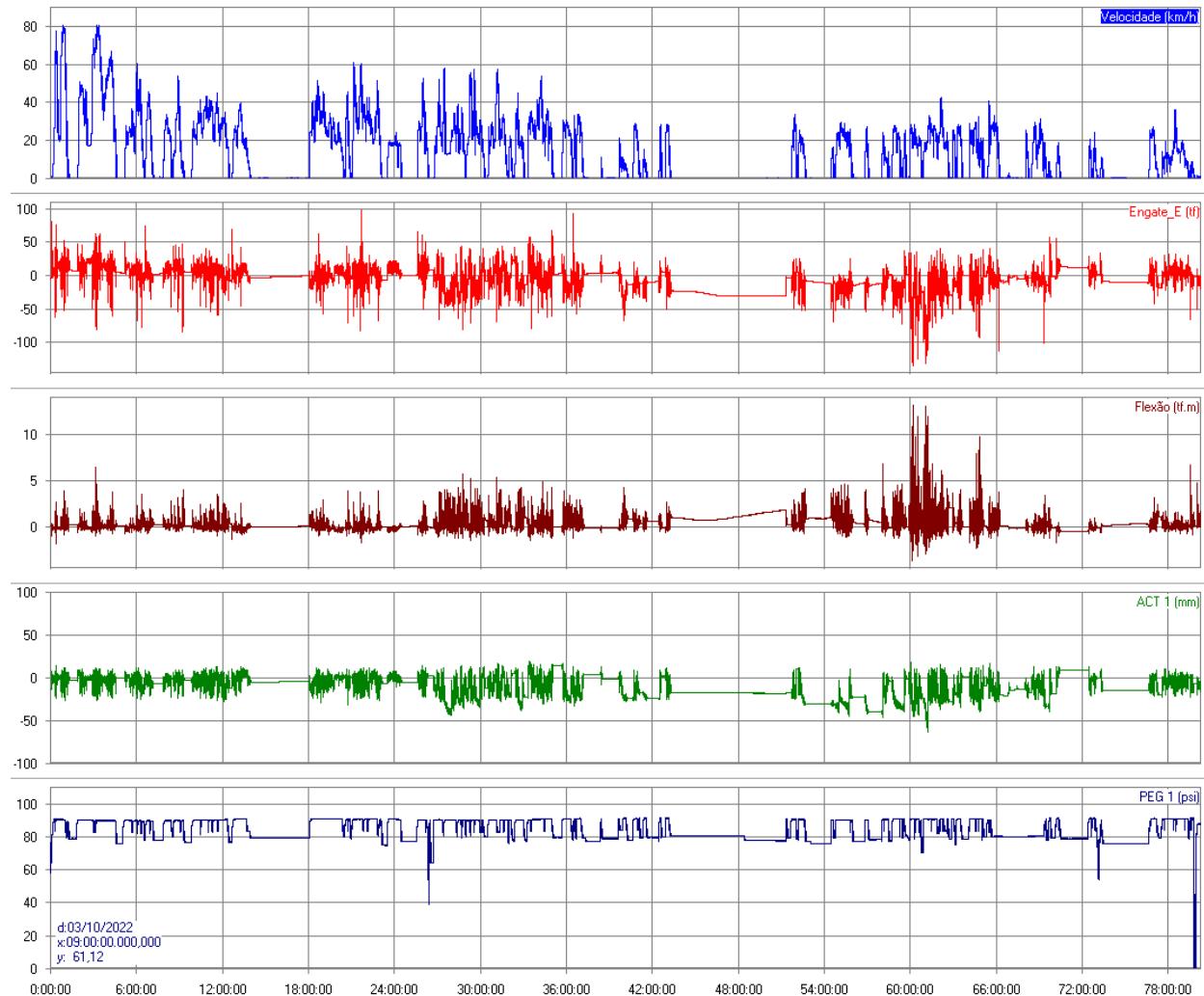
Fonte: IPT

Figura 66 – Viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio



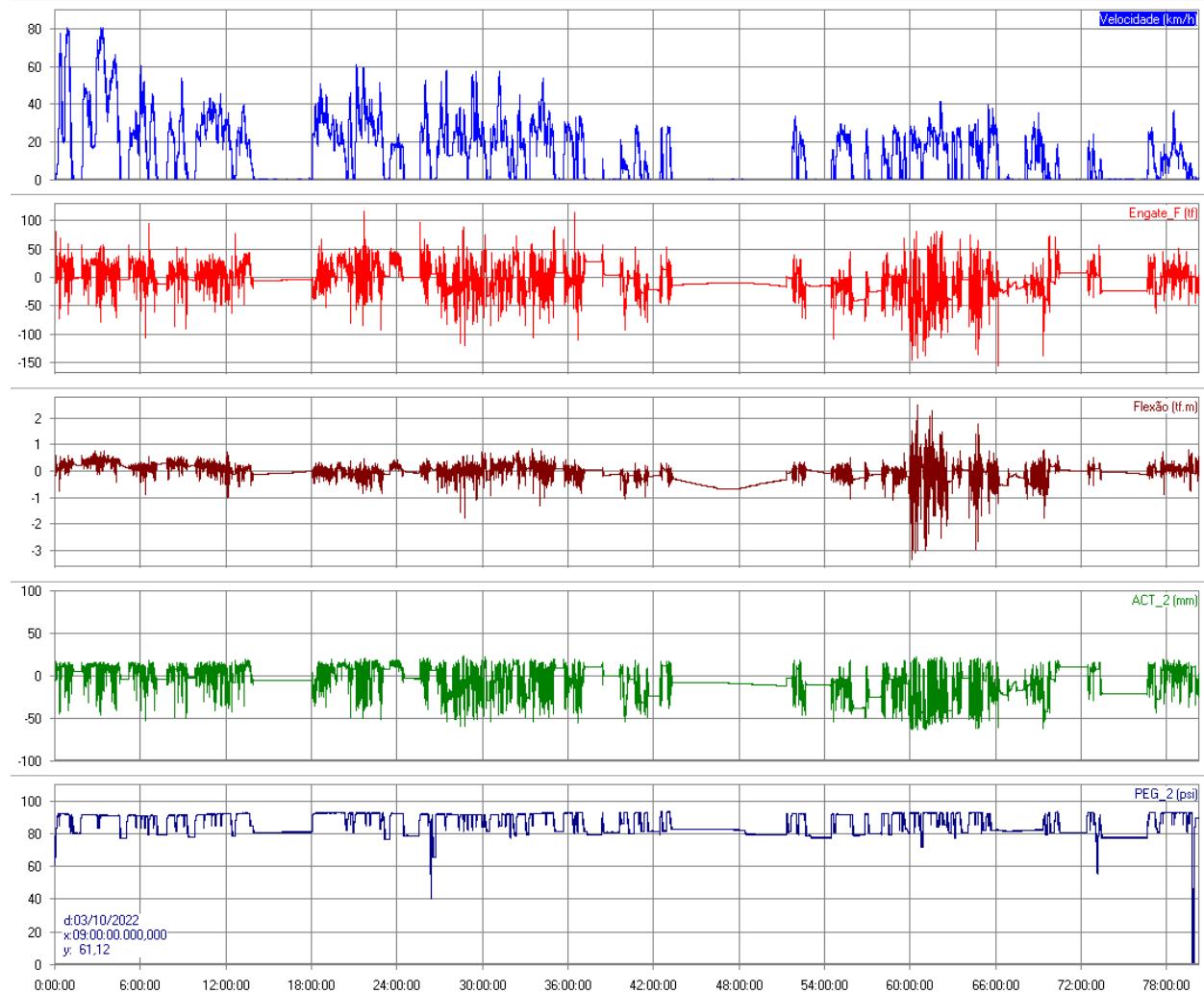
Fonte: IPT

Figura 67 – Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado



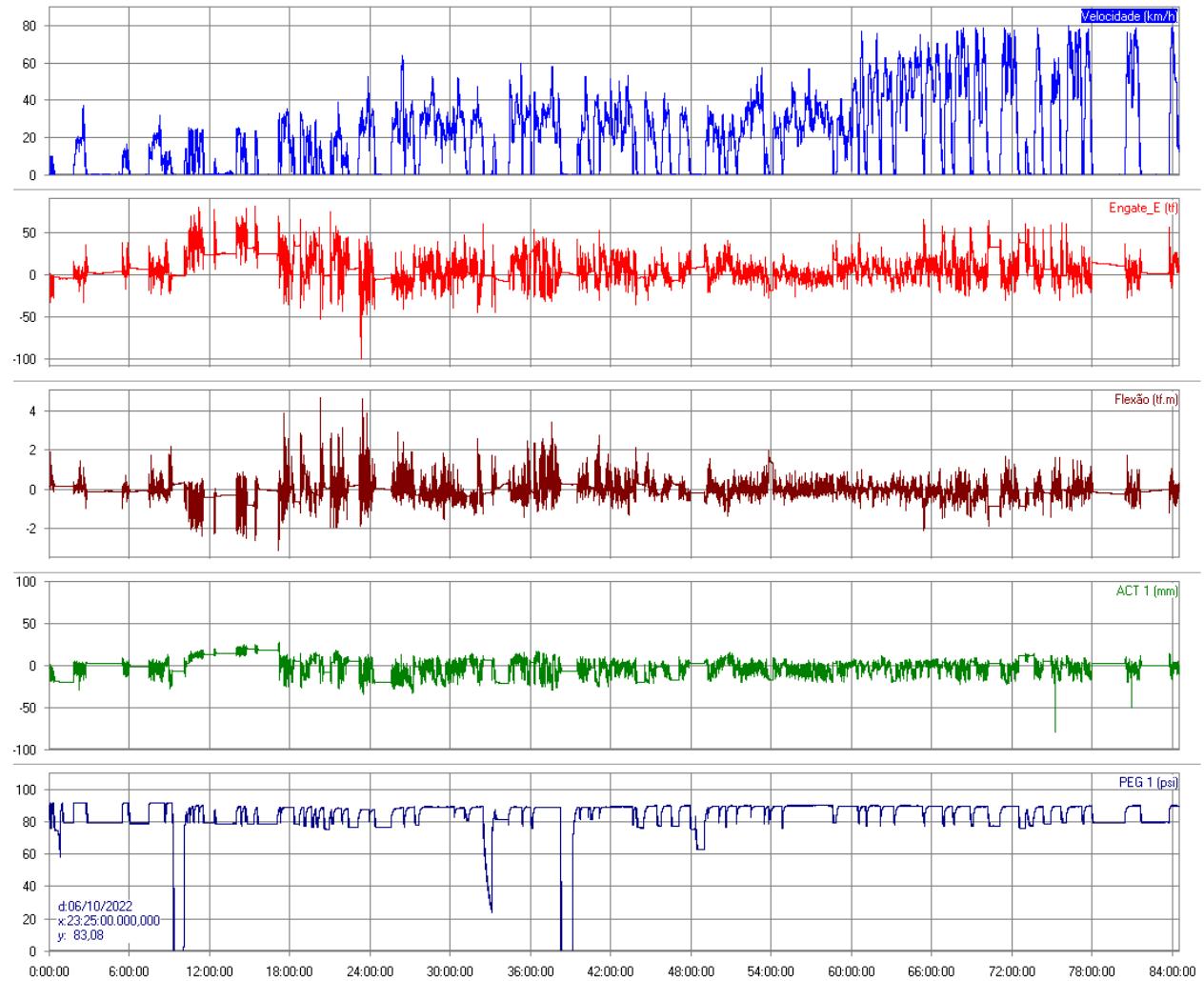
Fonte: IPT

Figura 68 – Viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado



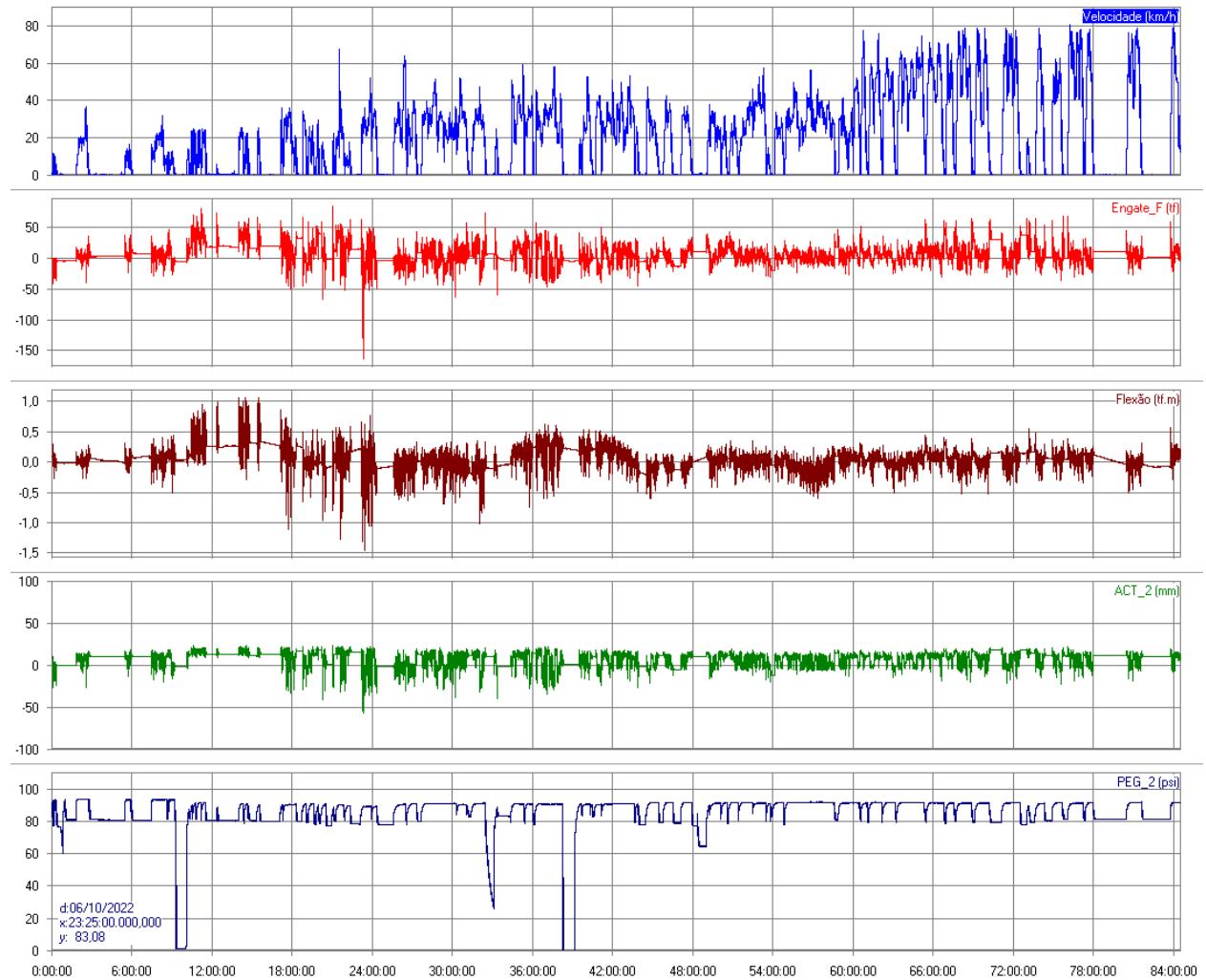
Fonte: IPT

Figura 69 – Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio



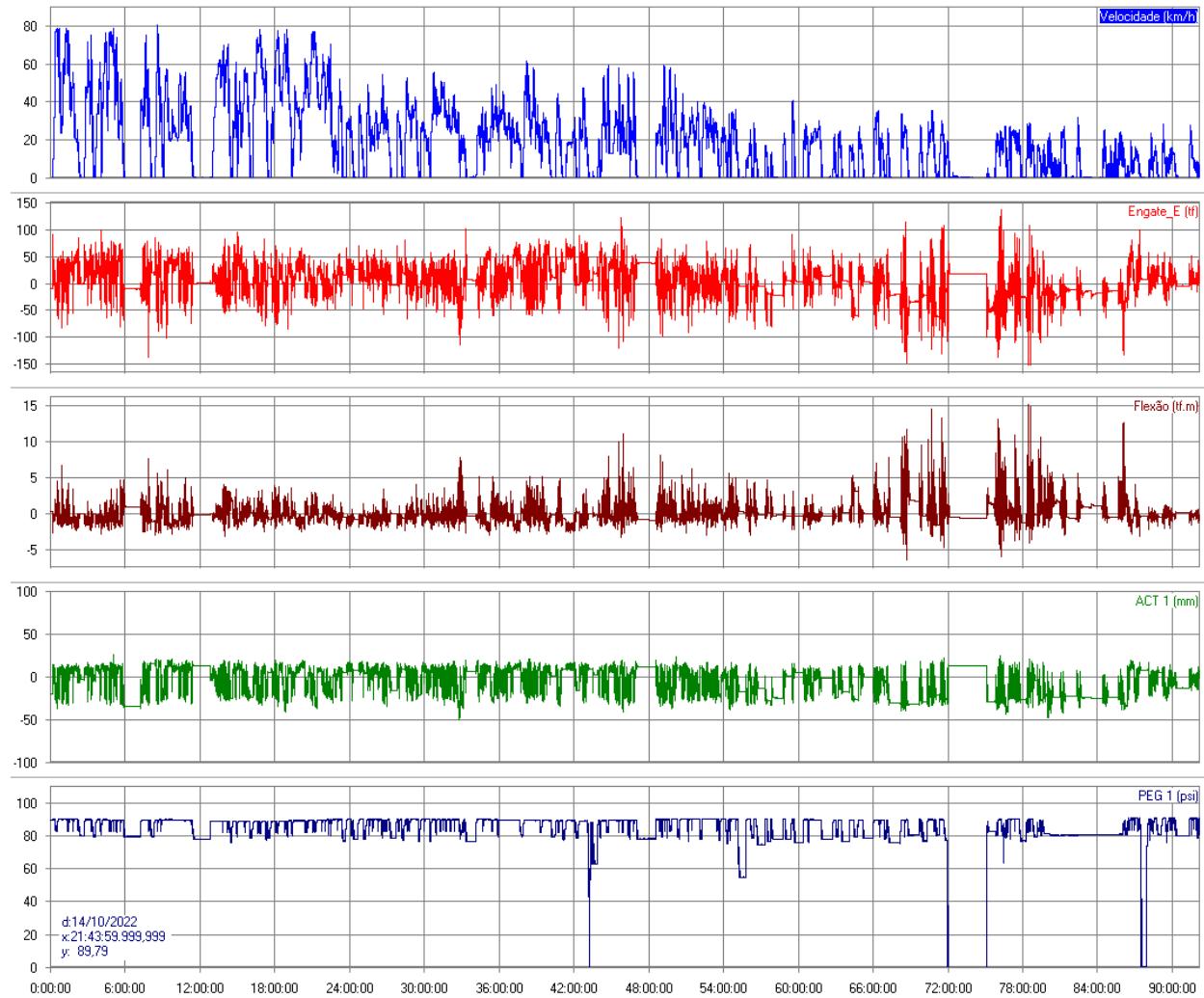
Fonte: IPT

Figura 70 – Viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio



Fonte: IPT

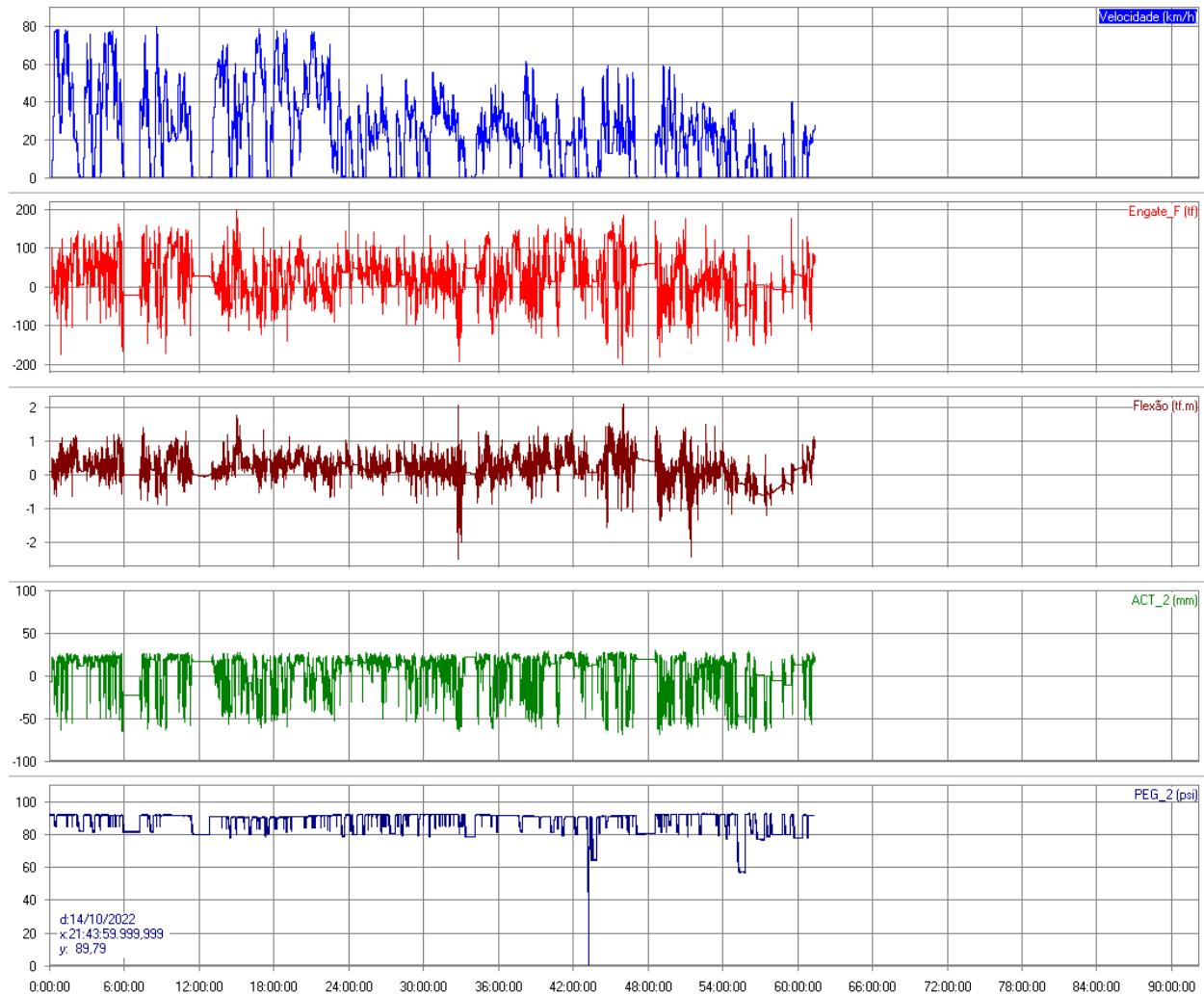
Figura 71 – Viagem do trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

Para facilitar a comparação entre os engates, a escala de tempo do gráfico do engate F foi mantido o mesmo do Engate E. O sinal coletado do engate F termina antes devido a falta de energia.

Figura 72 – Viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

3.3.5 Gráficos com detalhes de esforços contínuos e eventos de destaque

Esta seção apresenta detalhes dos esforços contínuos e alguns eventos a serem destacados no percurso.

As setas com as letras indicam alguns casos de esforços notáveis cujos valores estão apresentados nas tabelas. Nos casos de viagens que não apresentaram esforços superiores a 136 tf não são apresentados os gráficos de detalhes de esforços críticos.

3.3.5.1 Trem prefixo ??, trecho TRO - PSN, carregado

As Tabelas 5 e 6 identificam os instantes e posições de ocorrências dos esforços críticos com maiores amplitudes. Os eventos identificados com “A” a “L” e “i” a “x”, são indicados com setas nas Figuras 73 a 86.

Nesta viagem ambos os vagões encontram-se em posições adjacentes, então para efeito de comparação dos esforços os eventos de destaque de ambos os vagões foram tomados em tempos próximos para facilitar a comparação dos resultados. Em alguns casos foram destacados os valores médios de certos patamares para a comparação dos esforços.

Tabela 5 – Eventos críticos, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

Evento	Data/Hora	Velocidad e (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engate (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
A	10/09/2022 00:21:27.920	2,5	209,7	ZGB1	T3	-120,2	-2,1	-41,5	81,4
B	10/09/2022 06:24:49.260	9,0	116,4	ZJC1	T3	155,7	-1,7	14,1	89,2
C	10/09/2022 06:38:03.300	3,2	115,9	ZJC1	T3	151,2	-1,6	14,6	89,1
D	10/09/2022 08:06:12.925	1,7	69,1	ZTN1	T3	170,6	-2,3	14,3	88,7
E	10/09/2022 11:12:28.905	4,0	40,5	ZMA1	T3	147,3	-0,8	15,7	88,5
F	10/09/2022 11:15:36.415	14,8	39,9	K31ZMA	T3	151,1	-2,6	15,5	88,6
G	10/09/2022 13:57:29.415	4,3	242,4	ZOI1	T2	145,2	-1,4	10,0	88,1
H	10/09/2022 14:38:12.200	12,6	228,2	ZTI2	T2	173,2	-1,8	17,9	88,0
I	10/09/2022 15:27:17.215	13,6	212,0	211ZXH	T2	167,2	-2,1	17,9	87,9
J	10/09/2022 15:46:30.310	4,7	206,0	ZSK1	T2	162,2	-2,5	17,8	87,9
K	10/09/2022 16:55:53.810	5,0	182,7	ZVI1	T2	155,7	0,0	13,5	87,8
L	10/09/2022 23:12:48.815	10,8	212,6	ZST2162	T1	-178,7	9,9	-25,0	82,9
M	11/09/2022 06:33:47.455	12,6	162,1	ZCXZER2	T1	168,3	-2,9	19,5	88,8

Fonte: IPT

Tabela 6 – Eventos críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Evento	Data/Hora	Velocidade (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engat e (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
i	10/09/2022 00:21:27.965	0,0	209,7	ZGB1	T3	-141,0	-0,4	-50,0	83,4
ii	10/09/2022 06:24:49.295	9,0	116,4	ZJC1	T3	158,0	0,5	15,6	91,3
iii	10/09/2022 06:27:26.485	4,9	116,1	ZJC1	T3	150,1	0,5	15,9	91,3
iv	10/09/2022 08:06:12.990	4,3	69,1	ZTN1	T3	157,4	0,7	16,3	90,8
v	10/09/2022 11:12:22.805	3,2	40,5	ZMA1	T3	160,7	0,6	16,9	90,4
vi	10/09/2022 11:15:36.345	14,8	39,9	K31ZMA	T3	162,5	0,4	16,6	90,4
vii	10/09/2022 13:57:25.825	3,2	242,4	ZOI1	T2	156,0	0,7	18,4	89,9
viii	10/09/2022 14:38:13.400	12,6	228,2	ZTI2	T2	179,0	0,9	16,6	89,7
ix	10/09/2022 15:27:17.185	13,6	212,0	211ZXH	T2	175,8	1,0	16,4	89,7
x	10/09/2022 15:46:28.740	4,3	206,0	ZSK1	T2	168,0	0,3	16,4	89,7
xi	10/09/2022 16:55:55.865	5,4	182,7	ZVI1	T2	161,8	0,8	15,9	89,6

Fonte: IPT

As Figuras 73 a 80 apresentam gráficos dos eventos “A” a “M” do vagão ????.

Figura 73 – Gráfico com o evento A



Figura 74 – Gráfico com os eventos B e C

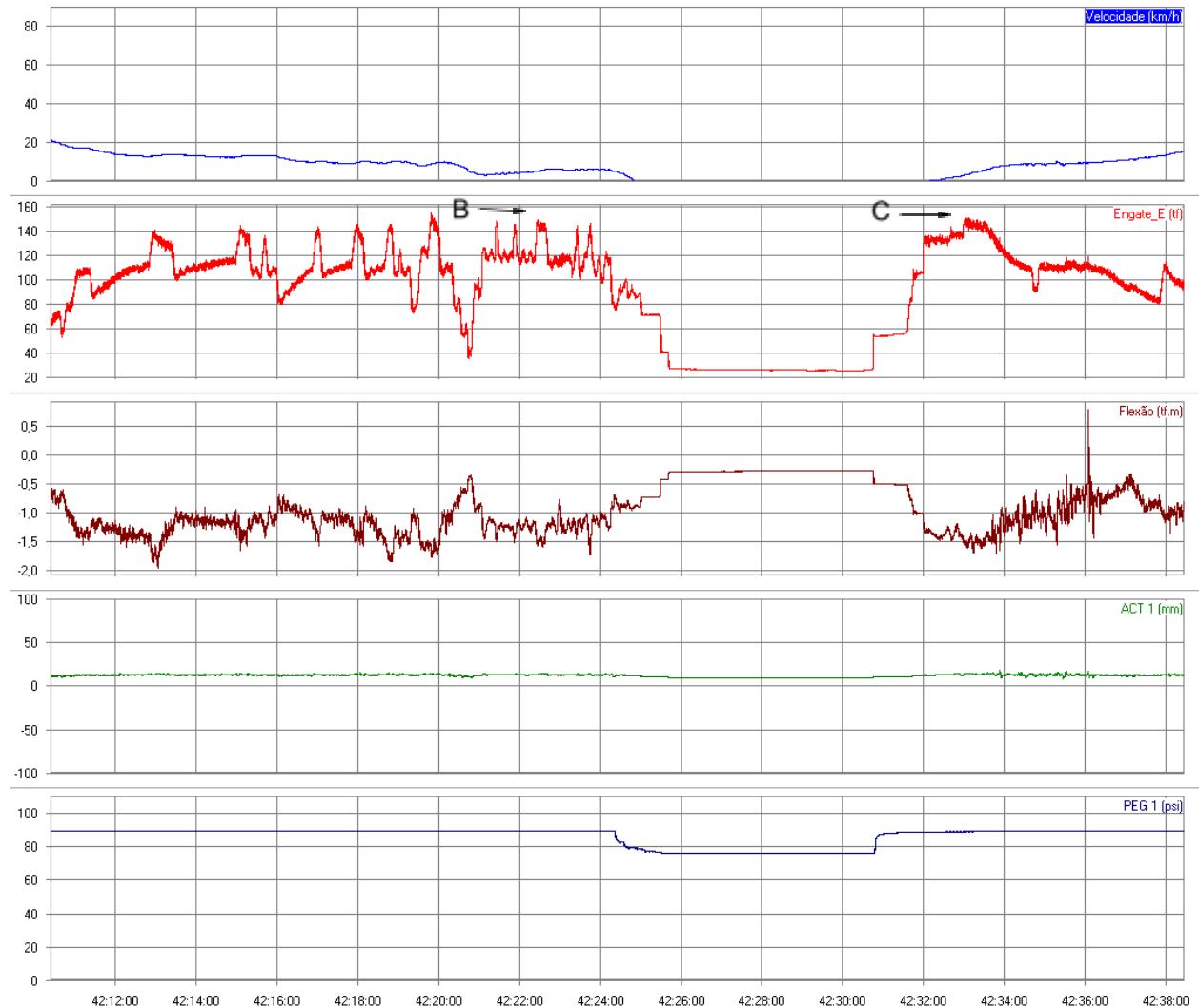


Figura 75 – Gráfico com o evento D

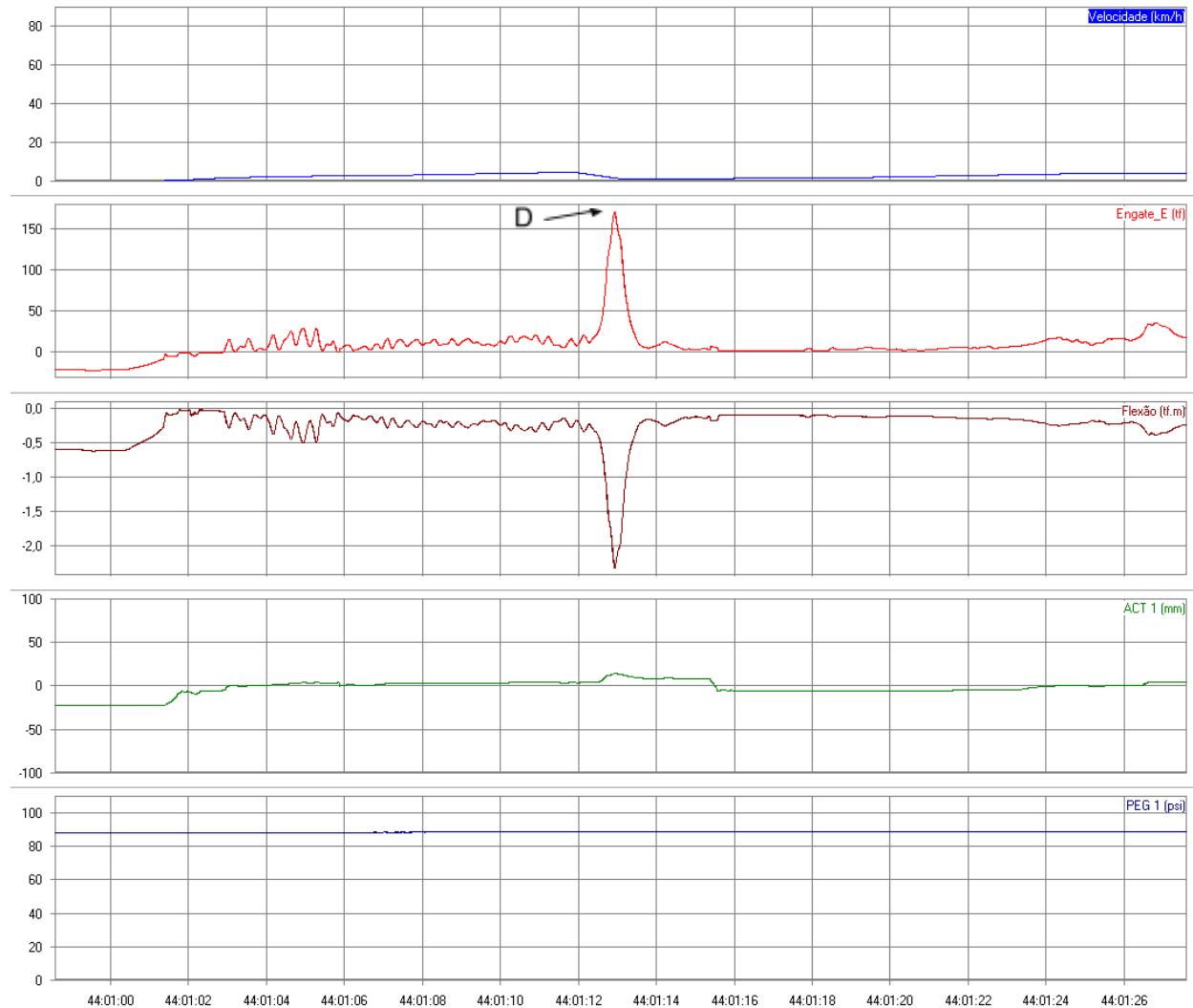


Figura 76 – Gráfico com os eventos E e F

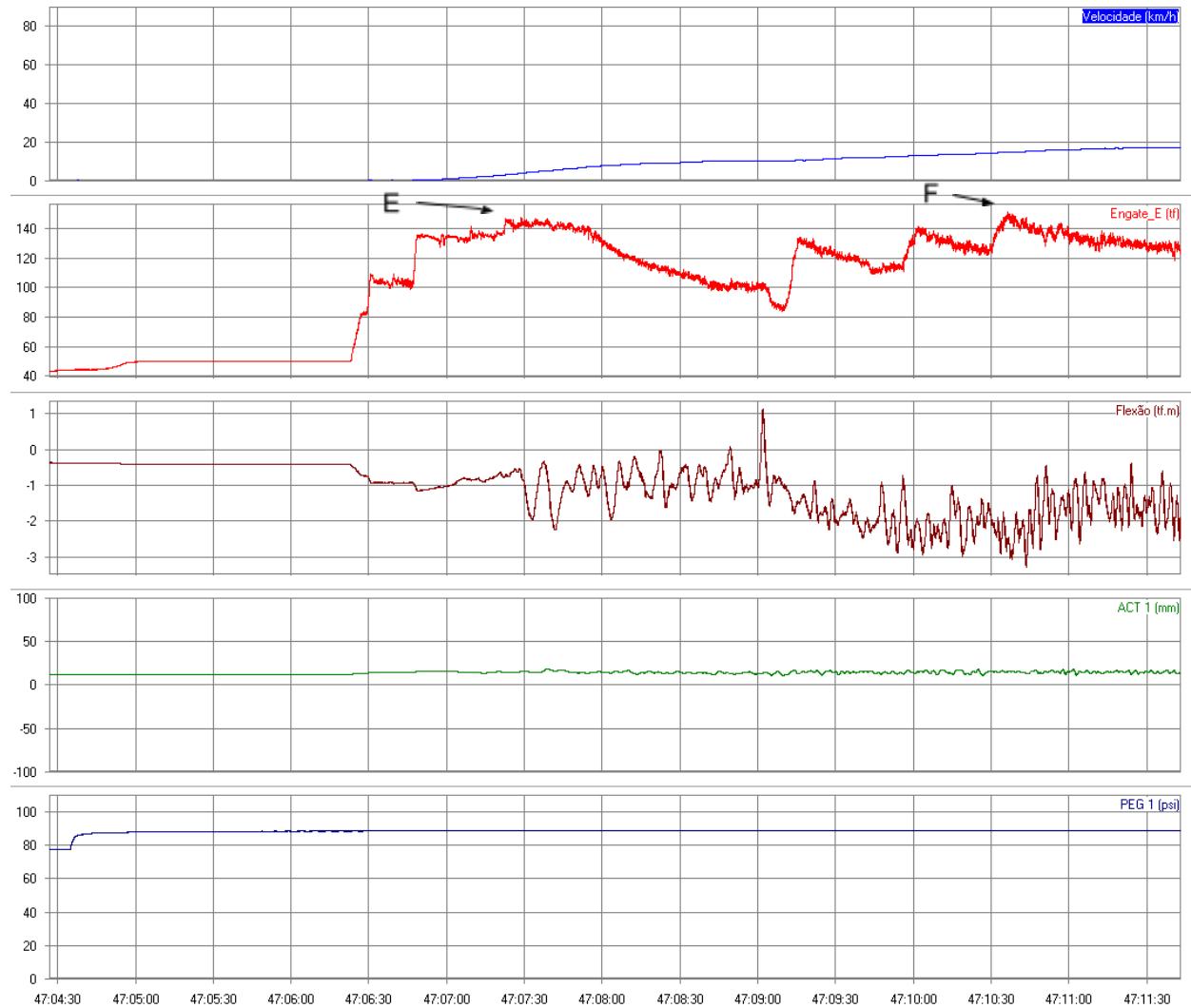


Figura 77 – Gráfico com o evento G

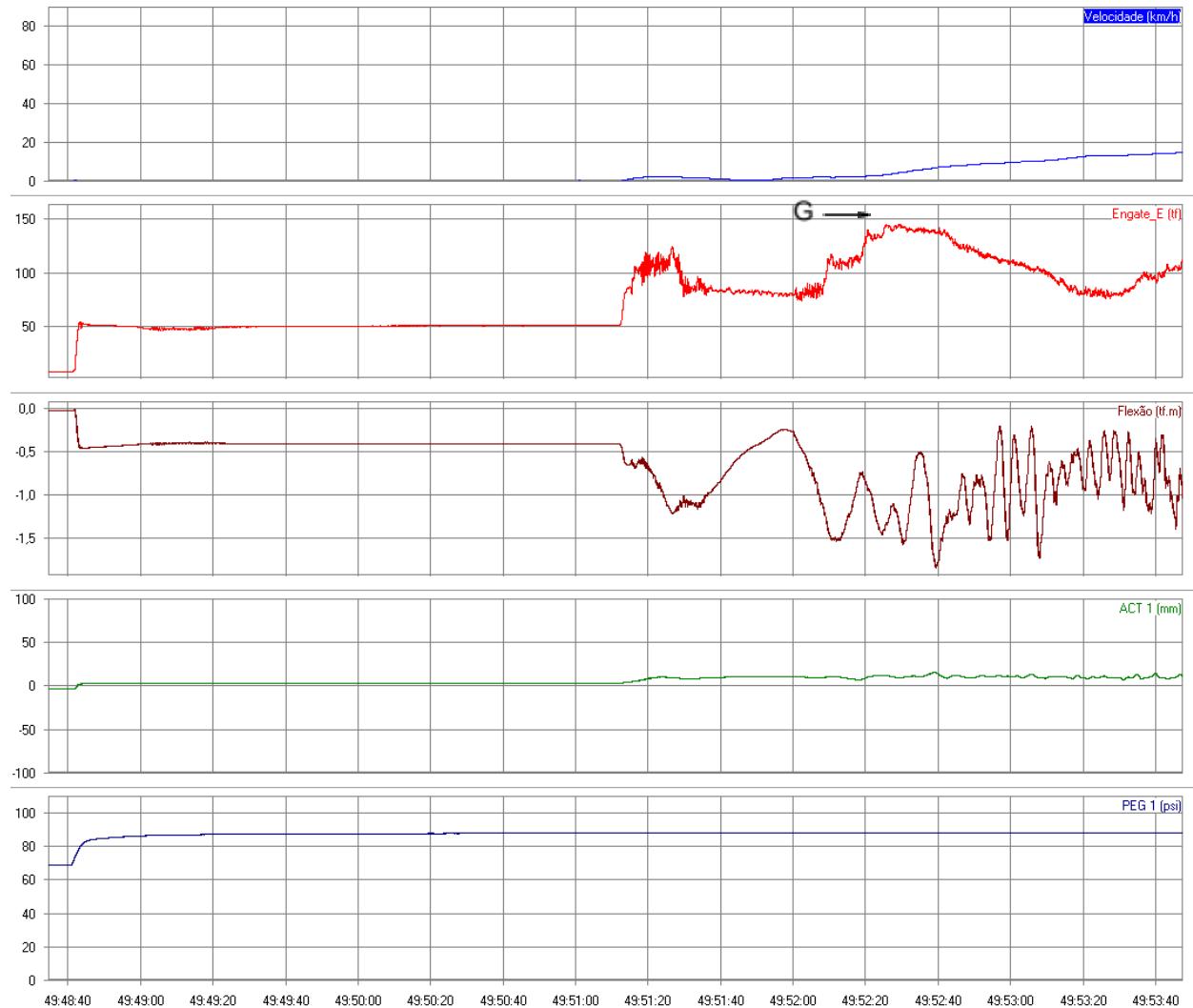


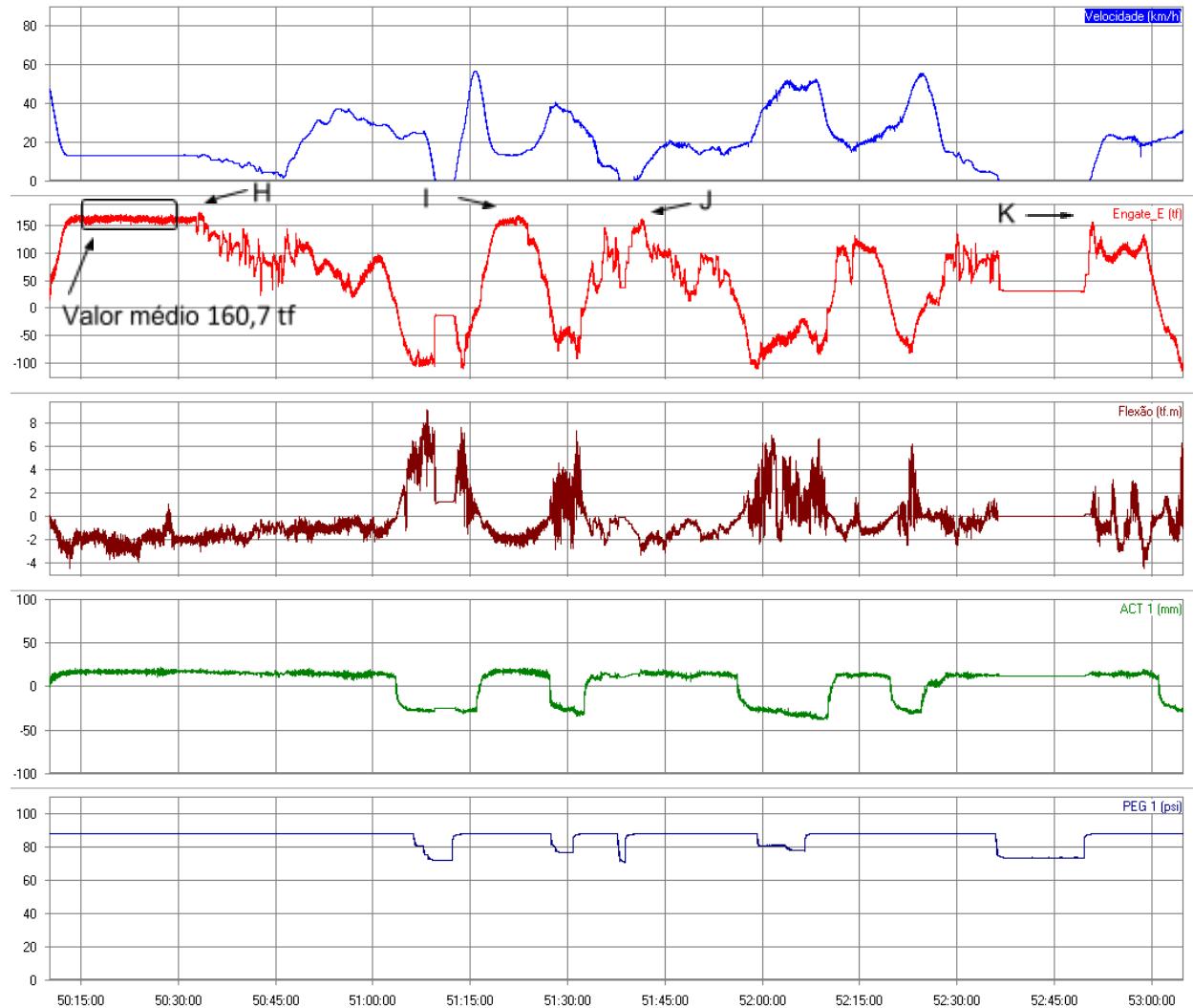
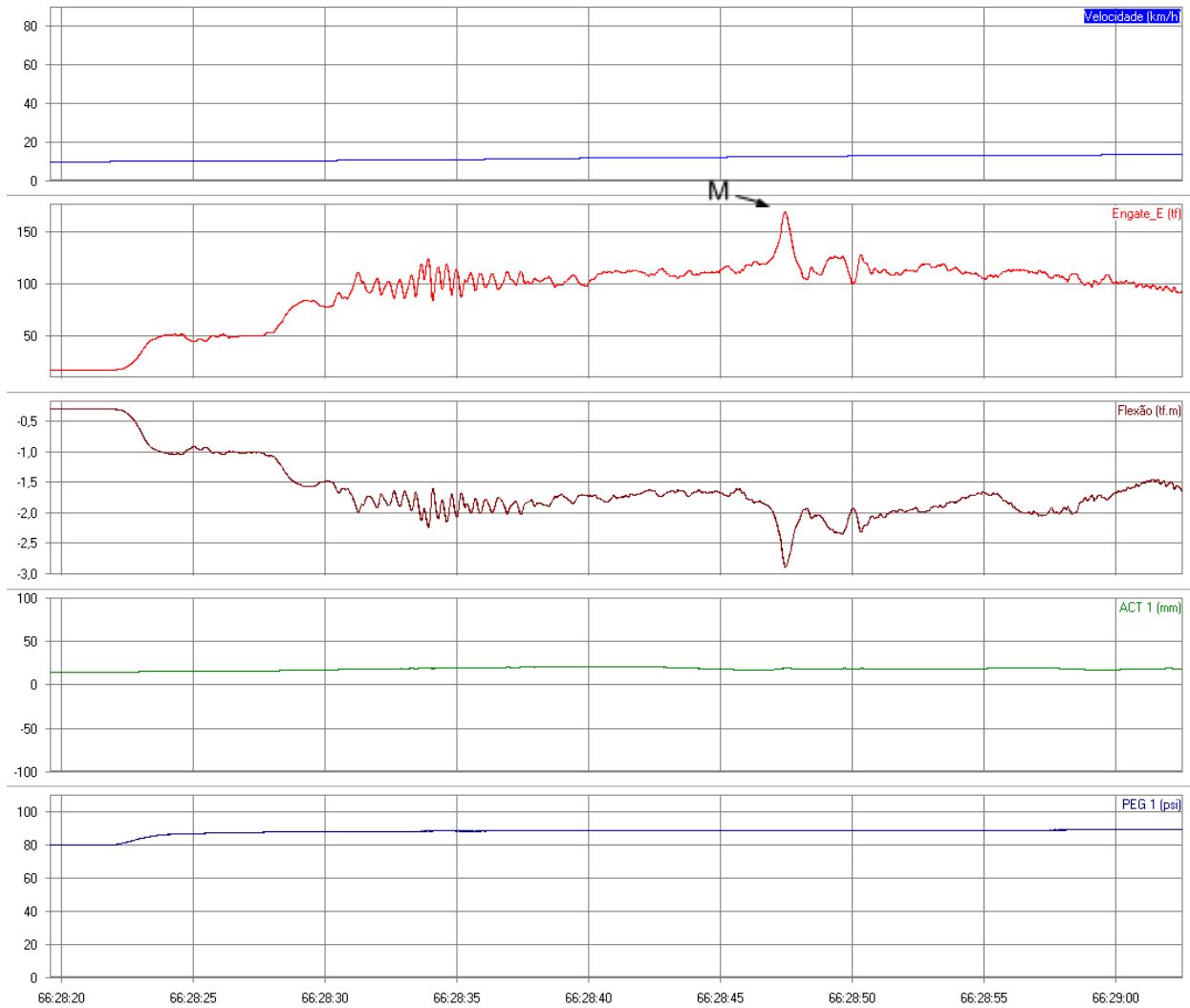
Figura 78 – Gráfico com os eventos H, I, J e K


Figura 79 – Gráfico com o evento L



Figura 80 – Gráfico com o evento M



As Figuras 81 a 86 apresentam gráficos dos eventos “i” a “xi” do vagão ?????.

Figura 81 – Gráfico com o evento i



Figura 82 – Gráfico com os eventos ii e iii

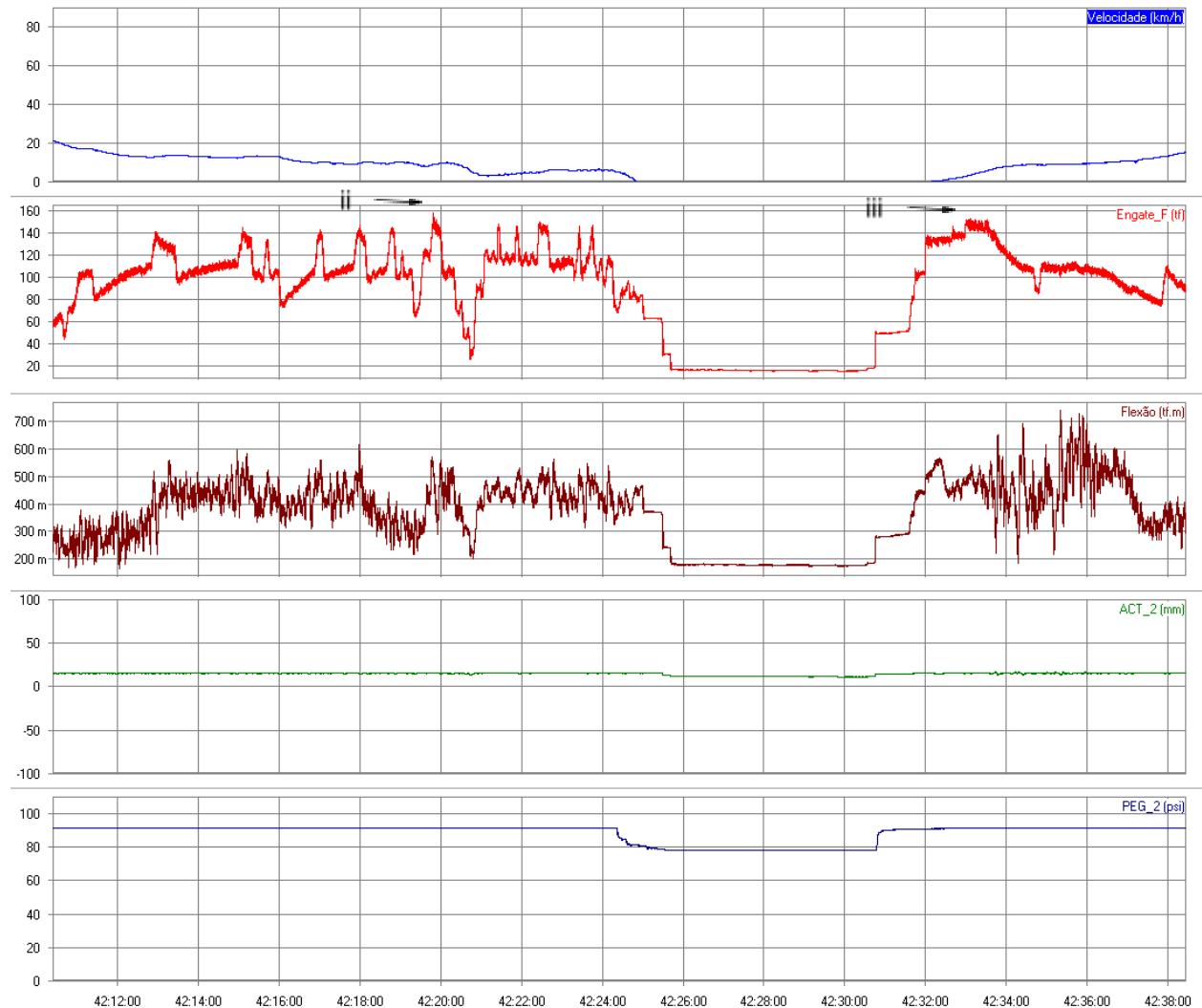


Figura 83 – Gráfico com o evento iv

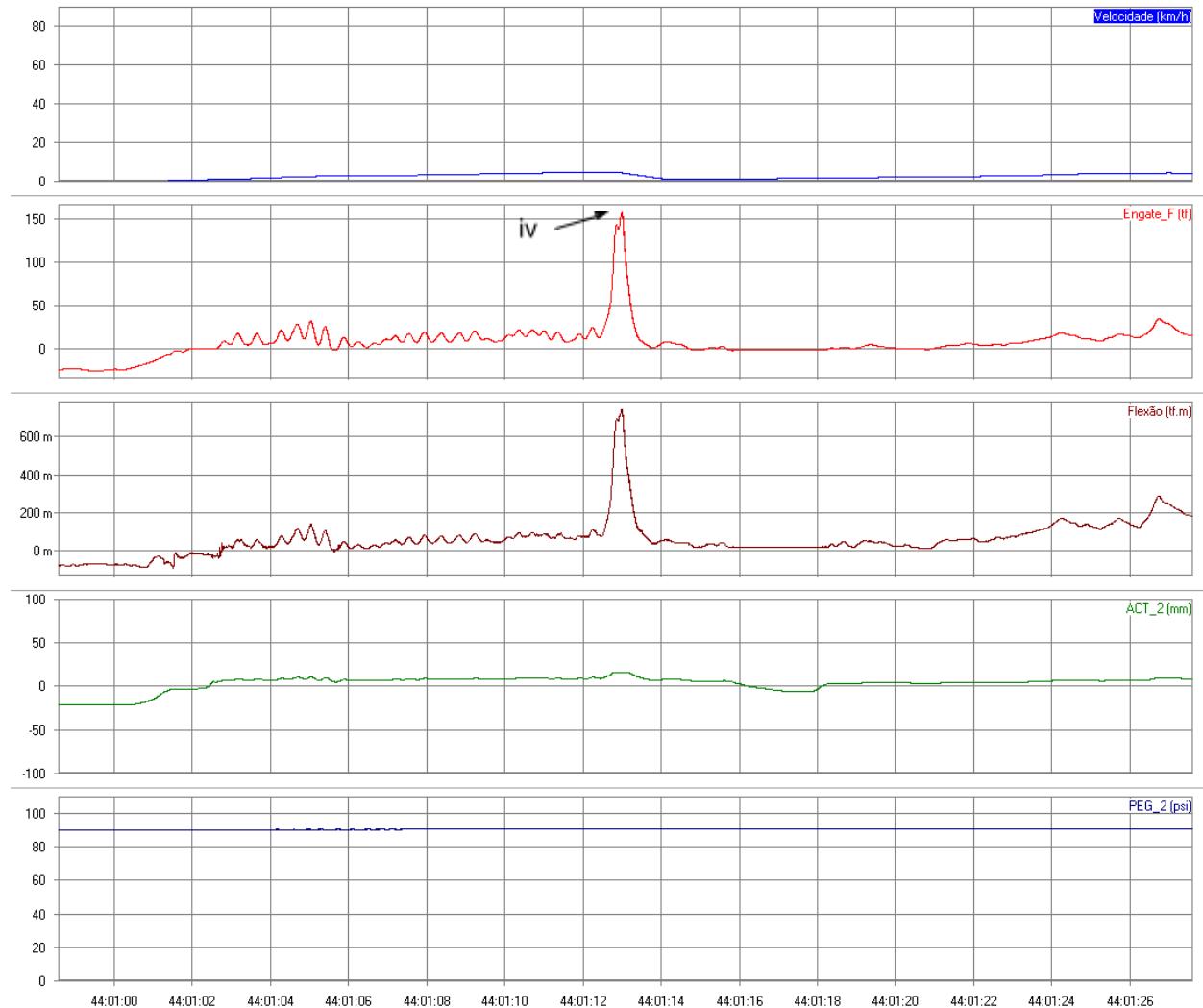


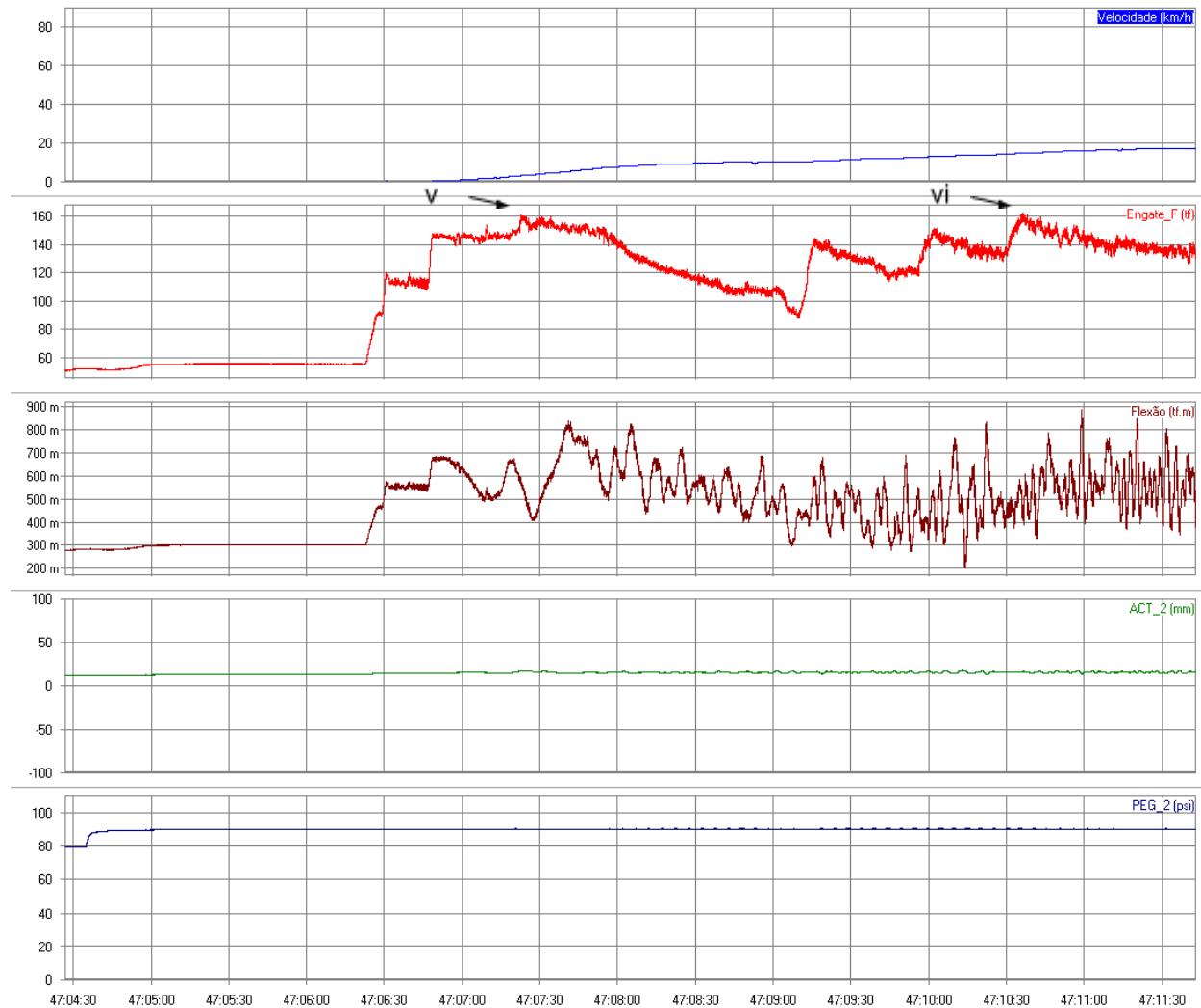
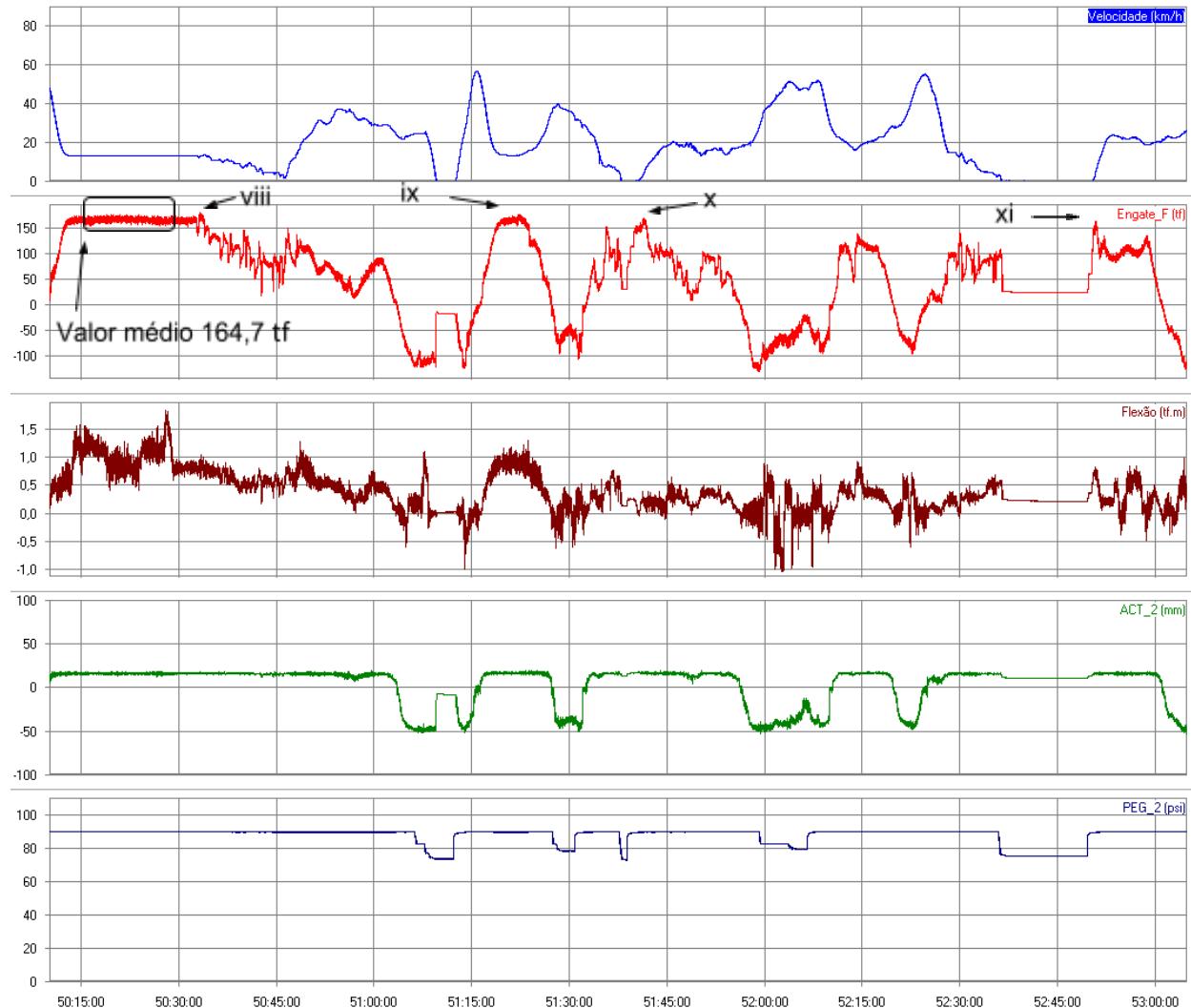
Figura 84 – Gráfico com os eventos v e vi


Figura 85 – Gráfico com o evento vii



Figura 86 – Gráfico com os eventos viii, ix, x e xi



3.3.5.2 Trem prefixo ??, trecho PSN - PSS, vazio

Esta viagem em vazio não possui esforços superiores a 136 tf.

3.3.5.3 Trem prefixo trem ??, trecho ?? - PSS, carregado

O vagão???? não apresentou esforço superior a 136 tf. Serão mostrados os esforços críticos do vagão?????.

A Tabela 7 identificam os instantes e posições de ocorrências dos esforços críticos com maiores amplitudes. Os eventos identificados com “i” a “vi”, são indicados com setas nas Figuras 87 a 90.

Tabela 7 – Eventos críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

Evento	Data/Hora	Velocidad e (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engate (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
i	05/10/2022 21:06:59,205	23,8	79,9	085ZKE2	T1	-146,8	-3,0	-58,0	92,7
ii	05/10/2022 21:31:45.895	14,4	88,4	091ZWW2	T1	-142,6	1,9	-63,1	92,7
iii	05/10/2022 22:04:03.475	18,2	95,2	ZKW0912	T1	-138,4	-1,7	-61,3	92,8
iv	06/10/2022 01:46:29.455	27,6	156,0	ZEVZRB2	T1	-136,6	-1,7	-57,9	92,5
v	06/10/2022 03:09:26.830	13,0	84,2	ZXW2	T1	-156,1	-1,2	-59,9	82,3
vi	06/10/2022 06:19:53.985	3,6	104,8	105ZGP2	T1	-138,0	-0,5	-61,2	87,6

Fonte: IPT

Figura 87 – Gráfico com os eventos i, ii e iii

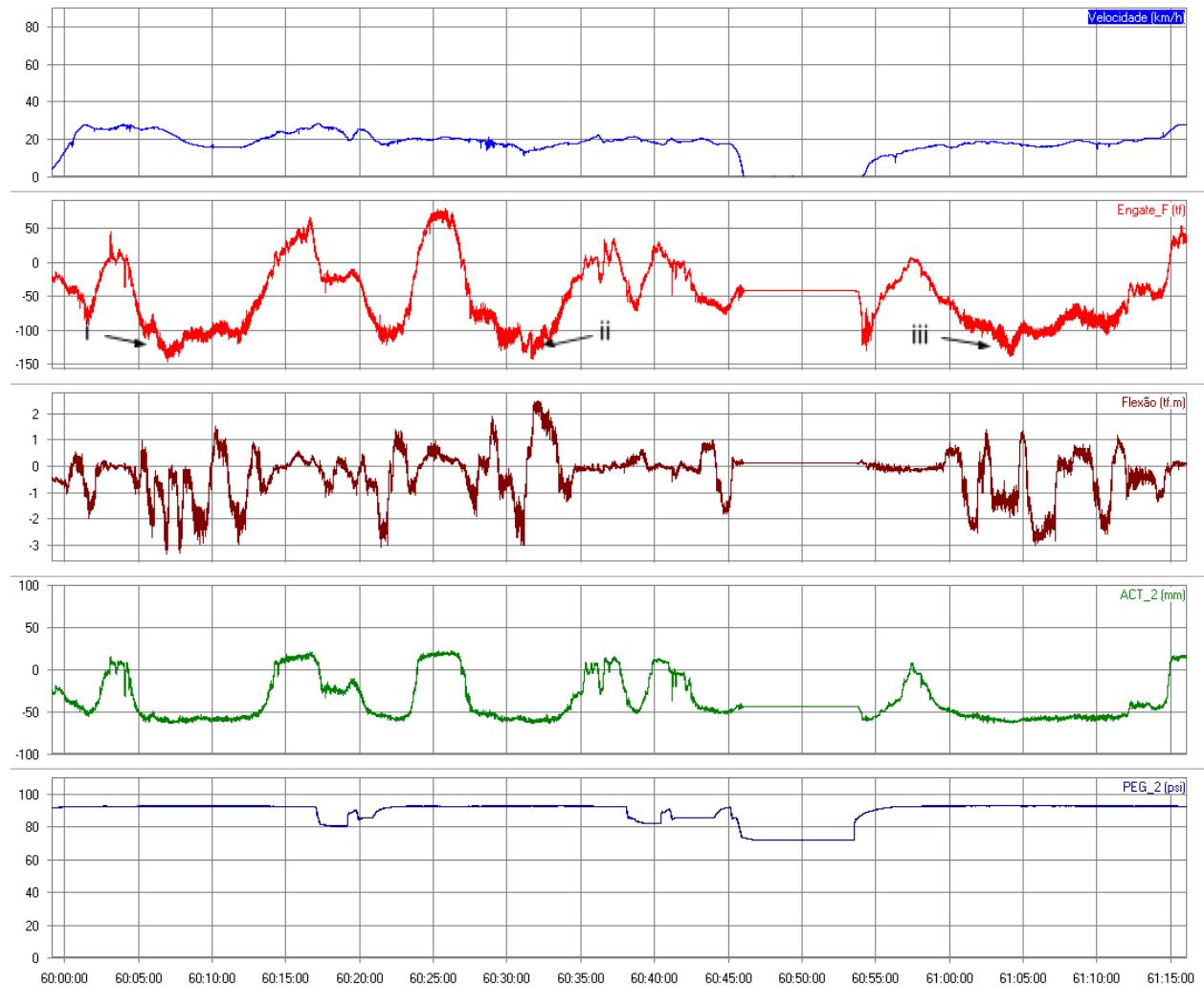


Figura 88 – Gráfico com o evento iv

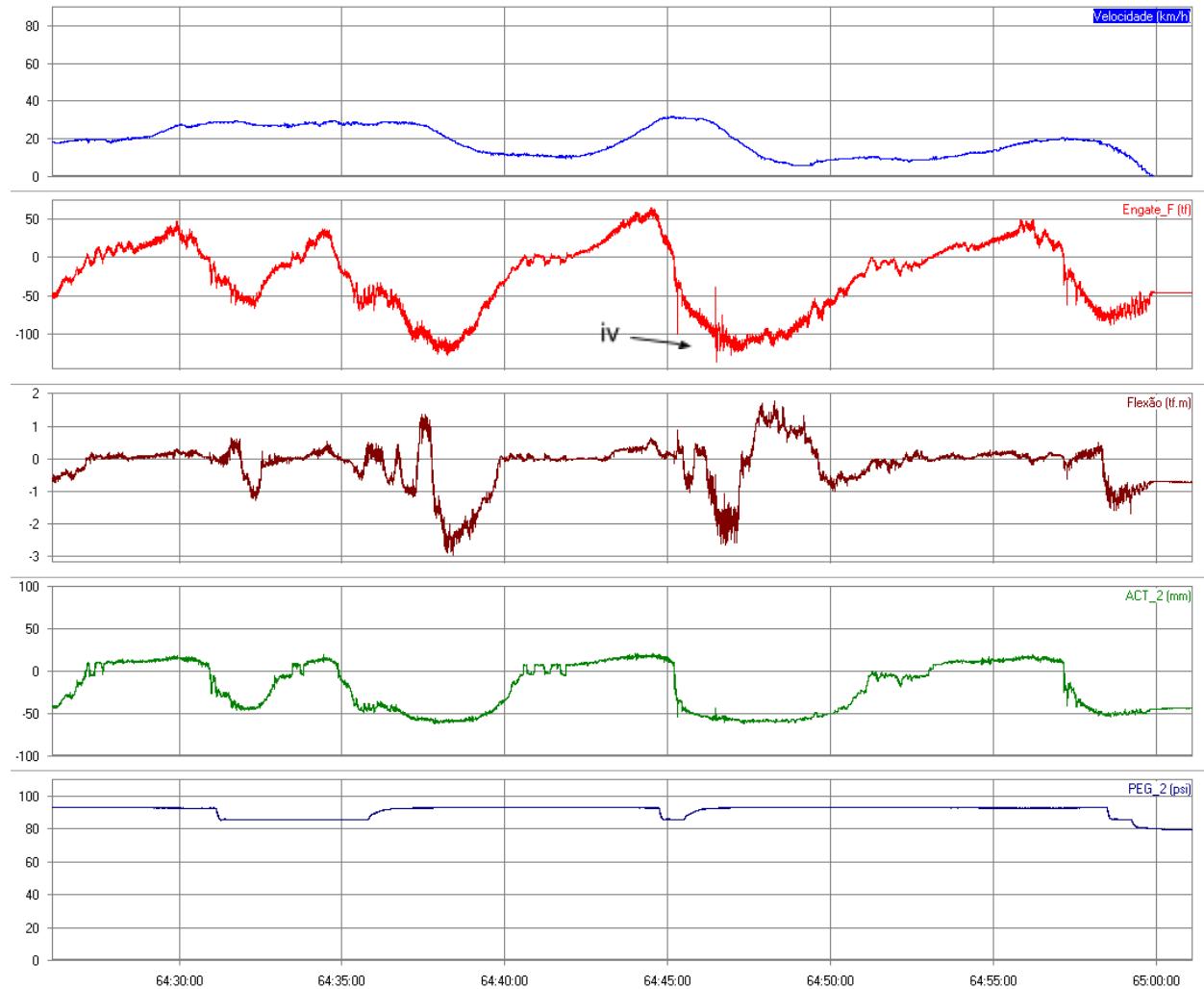


Figura 89 – Gráfico com o evento v

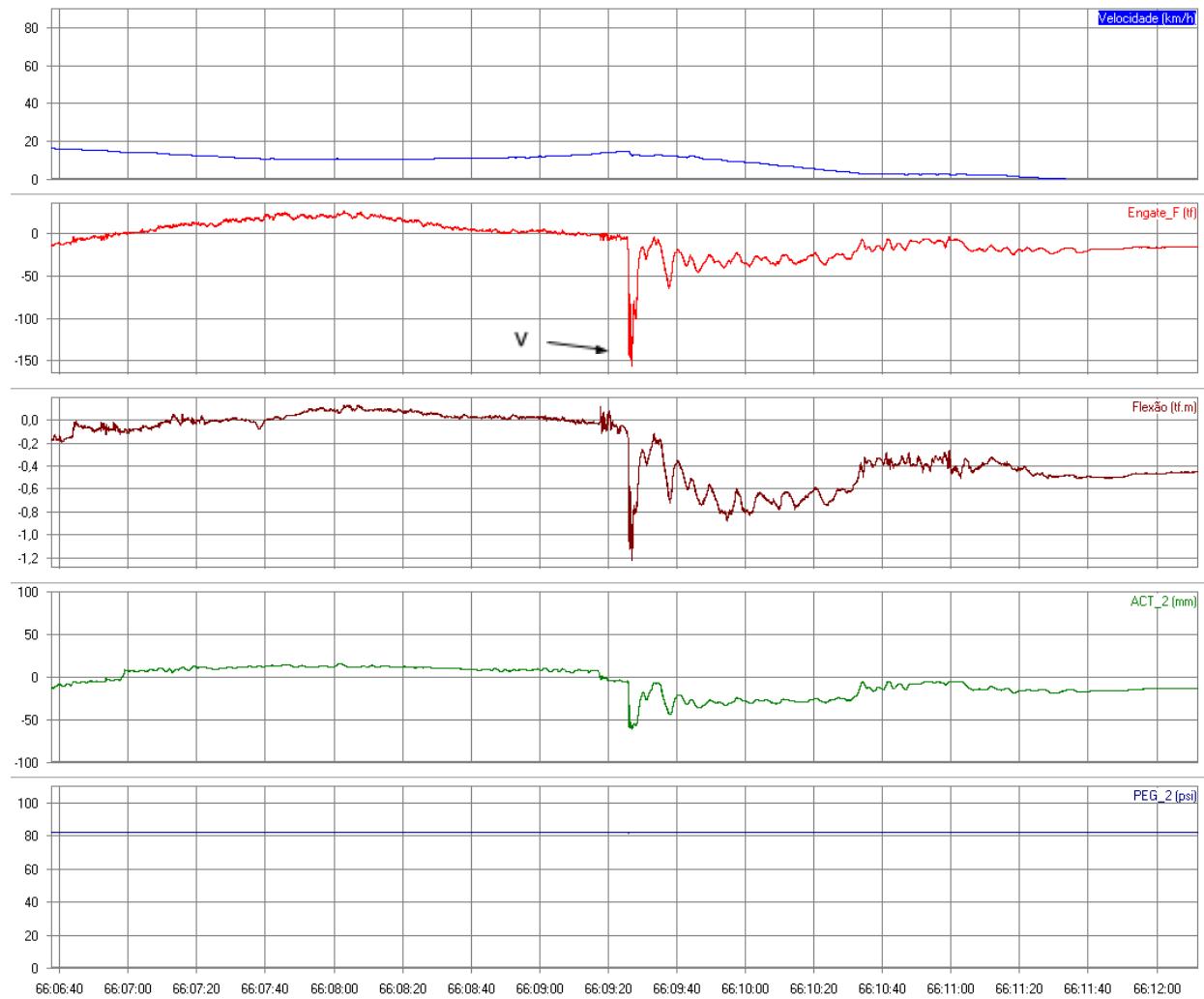


Figura 90 – Gráfico com o evento vi



3.3.5.4 Trem prefixo ??, PCZ - TRO, vazio

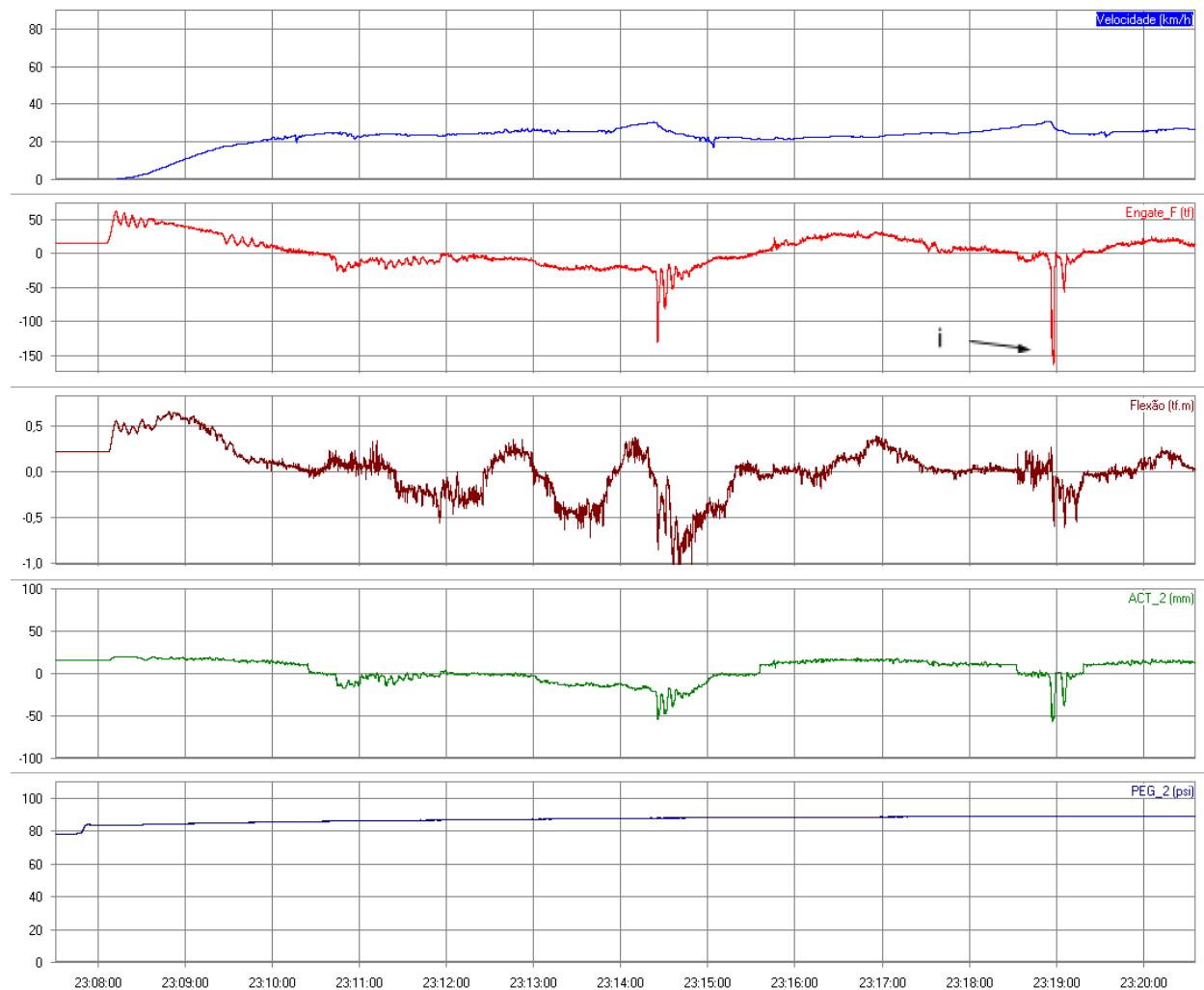
O vagão???? não apresentou esforço superior a 136 tf. Serão mostrados os esforços críticos do vagão?????.

A Tabela 8 identificam os instantes e posições de ocorrências dos esforços críticos com maiores amplitudes. O único evento foi identificado “i” e é indicado com seta na Figura 91.

Tabela 8 – Eventos críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

Evento	Data/Hora	Velocidade (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engate (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
i	07/10/2022 22:43:58,210	27,6	99,9	102ZKW2	T1	-163,9	-0,4	-52,0	89,2

Fonte: IPT

Figura 91 – Gráfico com o evento i


3.3.5.5 Trem prefixo ??, TRO - PSN, carregado

As Tabelas 9 e 10 identificam os instantes e posições de ocorrências dos esforços críticos com maiores amplitudes. Os eventos identificados com “A” a “F” e “i” a “xxvii”, são indicados com setas nas Figuras 92 a 98.

Tabela 9 – Eventos críticos, trem ??, vagão ?????, engate E, TRO - PSN, carregado

Evento	Data/Hora	Velocidad e (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engate (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
A	15/10/2022 05:33:43,275	54,7	505,2	TGR512	T6	-137,7	7,2	-27,1	82,8
B	17/10/2022 18:24:06.925	22,7	87,7	091ZWW2	T1	-148,5	11,7	-27,5	89,7
C	18/10/2022 01:47:35.060	19,1	121,0	124ZWI2	T1	-137,3	13,1	-31,9	88,8
D	18/10/2022 02:01:27.705	15,6	124,8	ZYQ1242	T1	137,8	-5,8	18,0	89,8
E	18/10/2022 04:10:42.930	20,9	153,5	ZEVZRB2	T1	-152,4	14,8	-32,1	89,6
F	18/10/2022 04:20:27.680	23,4	156,3	ZEVZRB2	T1	-151,4	14,8	-26,7	88,8

Fonte: IPT

Devido ao grande número de esforços elevado no engate F, primeiros serão mostrados somente alguns dos maiores esforços encontrados e um evento que ocorreu quase simultaneamente nos dois engates.

Tabela 10 – Eventos críticos, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Evento	Data/Hora	Velocidade (km/h)	Posição (km)	Placa Virtual	Trecho	Engate (tf)	Flexão (tf.m)	ACT (mm)	PEG (PSI)
i	14/10/2022 22:39:39,210	28,4	719,5	TSF2	T6	-173,1	0,2	-62,4	92,0
ii	15/10/2022 03:16:56,845	26,2	539,7	539TRM	T6	162,0	1,0	23,2	91,6
iii	15/10/2022 03:34:14,450	6,1	530,3	TBE2	T6	-164,3	0,7	-63,6	91,6
iv	15/10/2022 05:30:17,975	30,6	507,2	TGR512	T6	157,0	0,6	23,4	91,8

v	15/10/2022 05:33:44,295	54,7	504,6	TGR512	T6	-146,0	-0,6	-60,8	85,3
vi	15/10/2022 06:31:33,785	26,3	481,9	TBR487	T5	155,3	0,7	23,9	91,8
vii	15/10/2022 07:04:45,335	56,2	465,5	464TBR	T5	-171,9	0,1	-63,3	91,8
viii	15/10/2022 07:27:37,260	24,6	455,2	TVL464	T5	151,3	0,6	24,8	91,8
ix	15/10/2022 12:01:40,835	34,9	339,8	TLA350	T4	154,2	0,7	25,2	90,6
x	15/10/2022 12:41:41,390	8,6	324,4	TMR326	T4	199,0	1,7	25,0	83,4
xi	15/10/2022 12:46:25,820	9,0	324,2	TMR326	T4	176,5	1,5	23,8	90,3
xii	15/10/2022 14:54:27,990	36,0	235,1	TVI239	T4	152,0	0,9	24,1	90,4
xiii	16/10/2022 06:38:29,495	11,5	210,5	ZGB1	T3	-192,3	-1,3	-62,8	85,2
xiv	16/10/2022 12:53:47,055	18,7	71,3	ZTNK73	T3	158,0	1,1	24,0	91,0
xv	16/10/2022 15:05:49,150	4,7	41,1	ZMA1	T3	179,8	1,1	24,4	90,6
xvi	16/10/2022 16:19:40,140	21,2	20,6	K18ZDZ	T3	150,2	0,4	24,7	90,8
xvii	16/10/2022 18:54:36,265	17,3	228,3	ZTI2	T2	167,9	1,2	23,0	91,2
xviii	16/10/2022 19:21:09,575	57,1	215,5	211ZXH	T2	-183,3	0,5	-64,6	90,1
xix	16/10/2022 19:32:45,290	19,1	211,5	211ZXH	T2	158,1	0,8	24,3	91,3
xx	16/10/2022 19:39:03,520	37,8	208,5	ZSK211	T2	-200,5	0,2	-67,3	90,8
xxi	16/10/2022 19:44:33,695	18,0	206,5	ZSK211	T2	185,0	1,5	26,9	91,3
xxii	16/10/2022 22:17:13,160	1,8	183,4	ZVI1	T2	168,9	1,1	24,4	91,5
xxiii	16/10/2022 22:39:00,615	25,9	175,5	ZIQ178	T2	-181,4	-0,3	-64,4	91,6
xxiv	17/10/2022 00:44:52,230	19,8	119,8	ZCD2	T2	175,9	0,6	24,7	92,0
xxv	17/10/2022 02:23:31,455	17,4	84,1	ZAC090	T2	158,0	1,2	25,5	92,3
xxvi	17/10/2022 06:12:33,115	25,2	226,6	ZICZVK2	T1	-152,1	-0,4	-65,6	92,4
xxvii	17/10/2022 09:12:02,535	2,4	216,4	216ZXI2	T1	174,6	0,3	22,8	91,7

Fonte: IPT

As Figuras 92 a 95 apresentam gráficos dos eventos “A” a “F” do vagão ????.

Figura 92 – Gráfico com o evento A

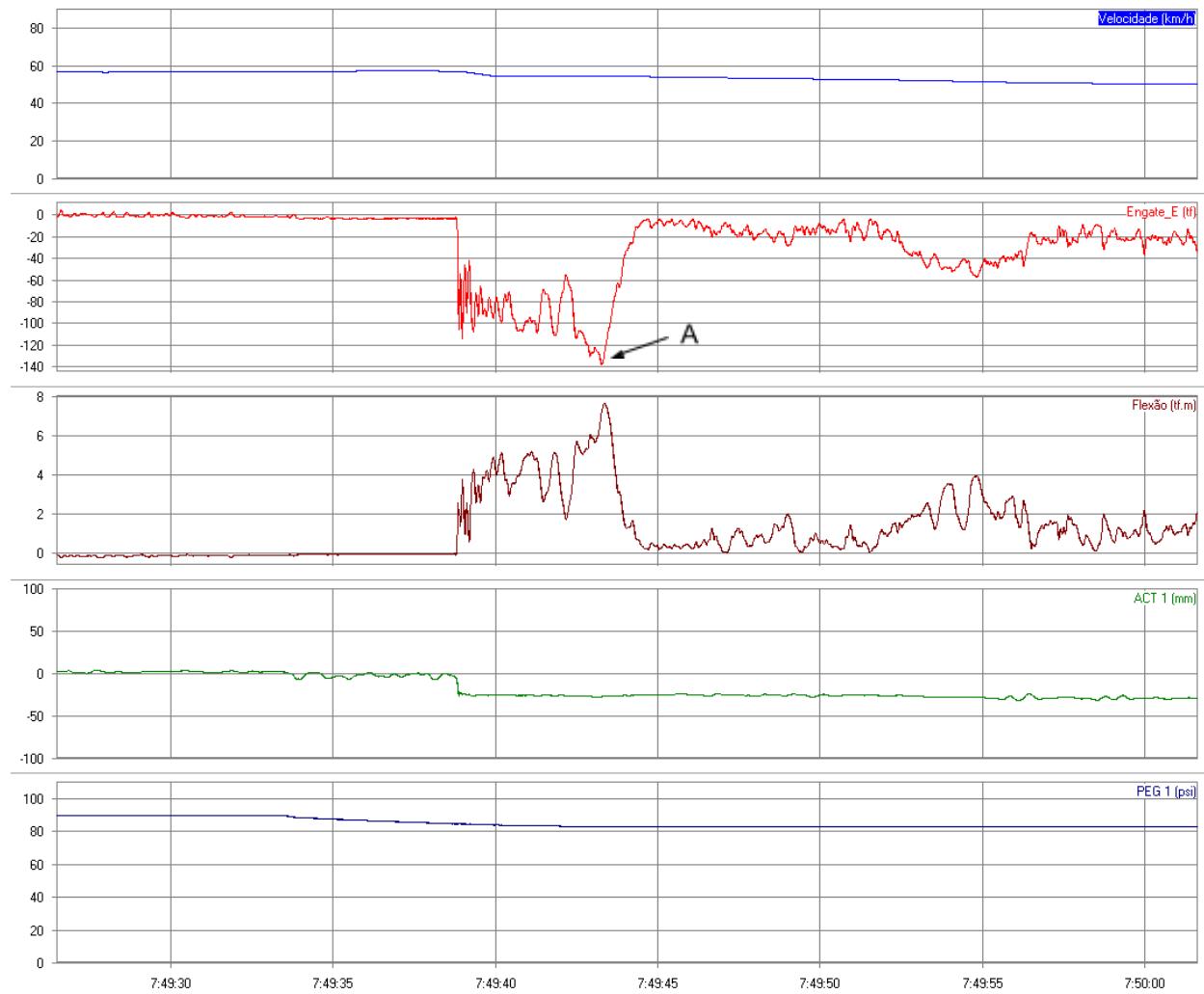


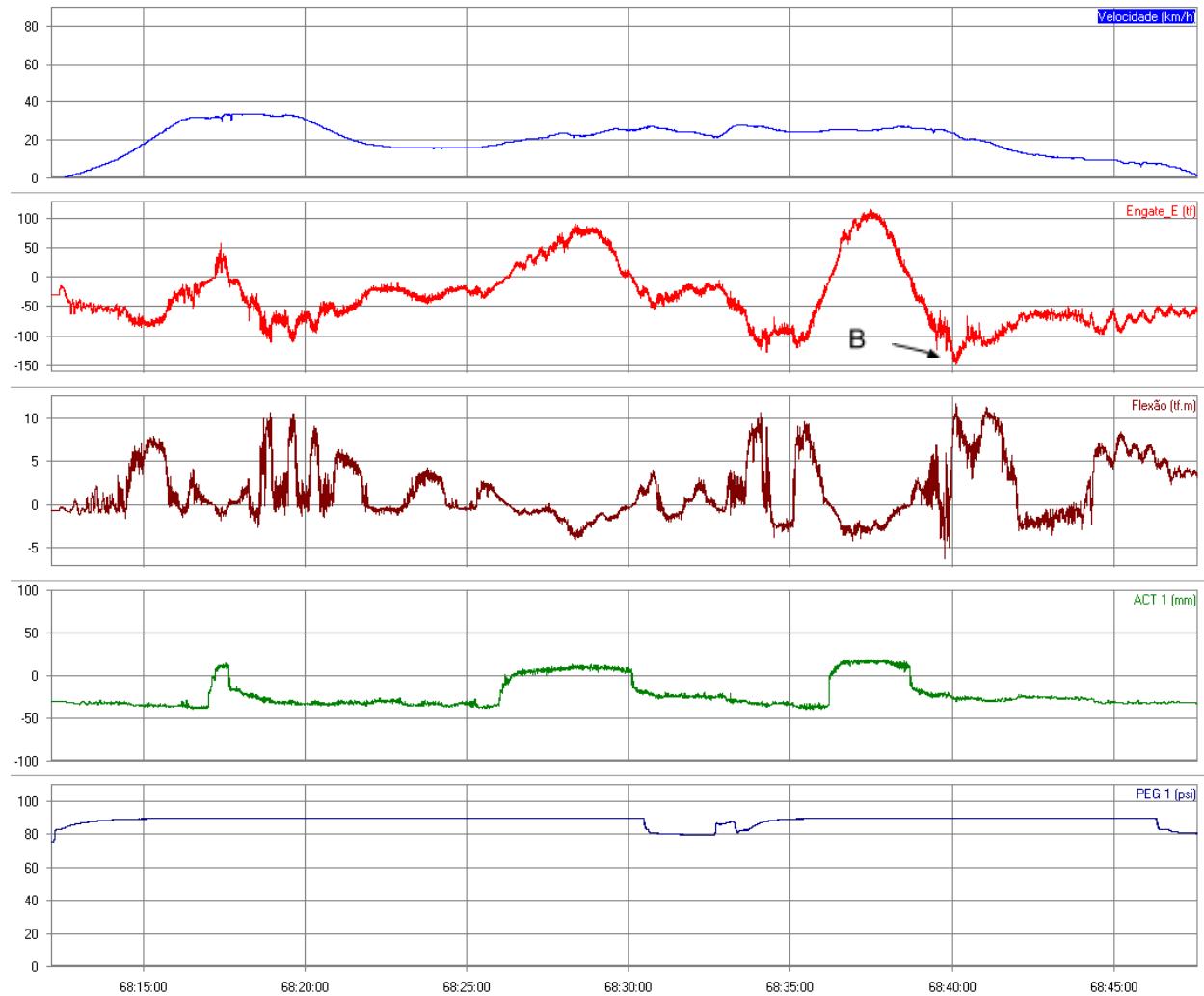
Figura 93 – Gráfico com o evento B


Figura 94 – Gráfico com os eventos C e D

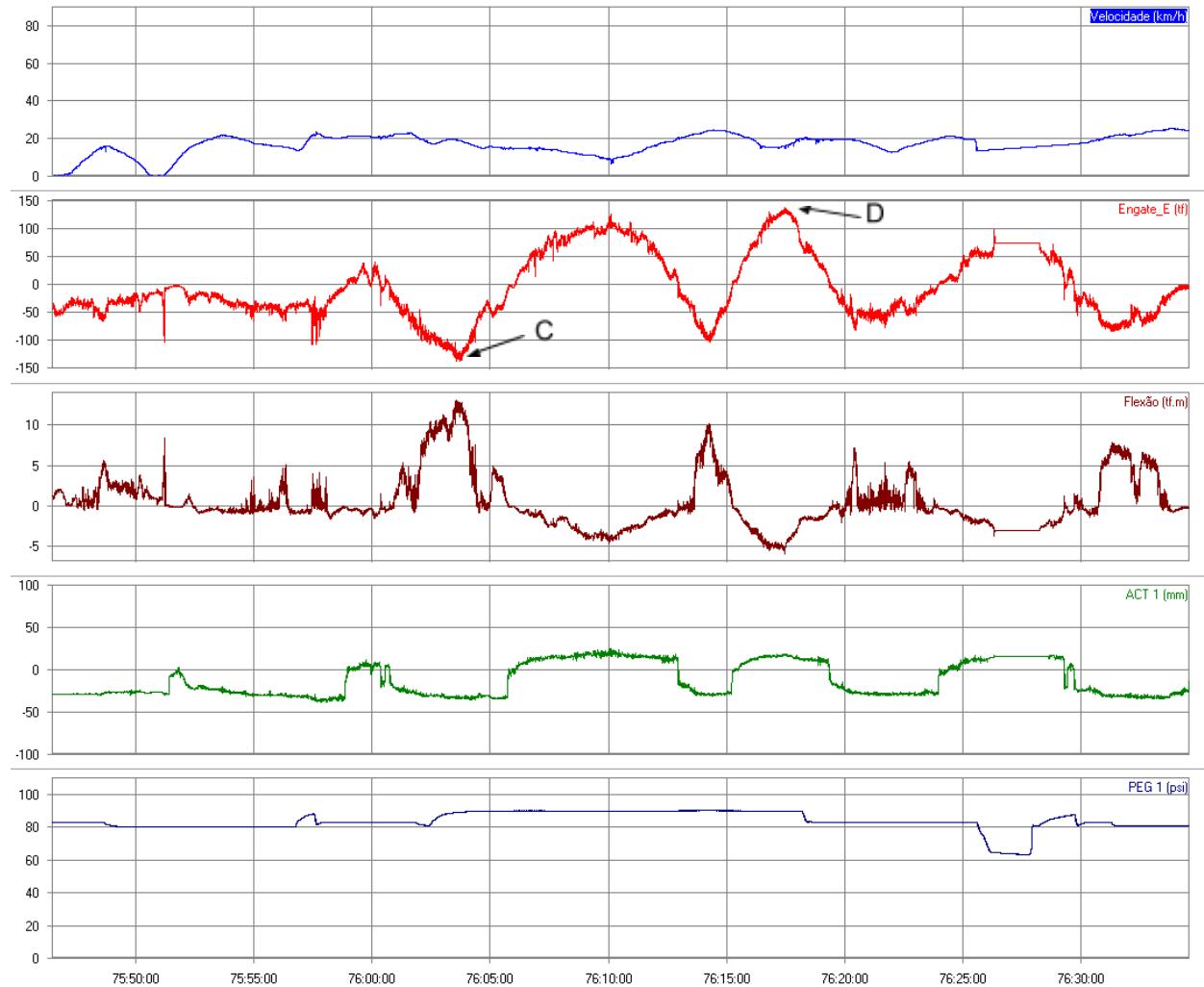
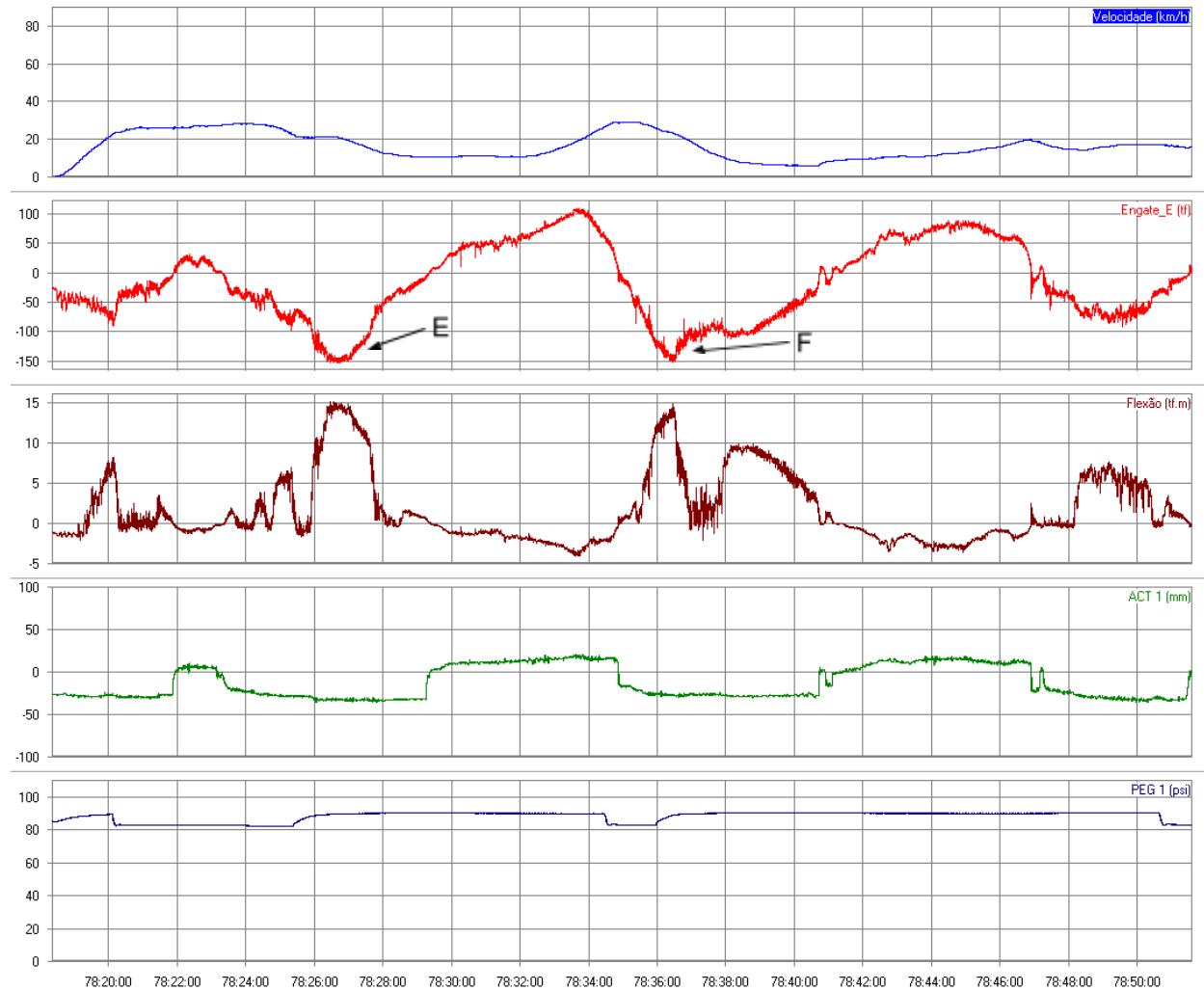


Figura 95 – Gráfico com os eventos E e F



As Figuras 96 a 98 apresentam gráficos dos eventos “i” a “xxviii” do vagão ??????. Inicialmente serão apresentados três gráficos gerais indicando as localizações dos maiores esforços e em seguida destacados alguns desses eventos.

Figura 96 – Gráfico com os eventos i a xii

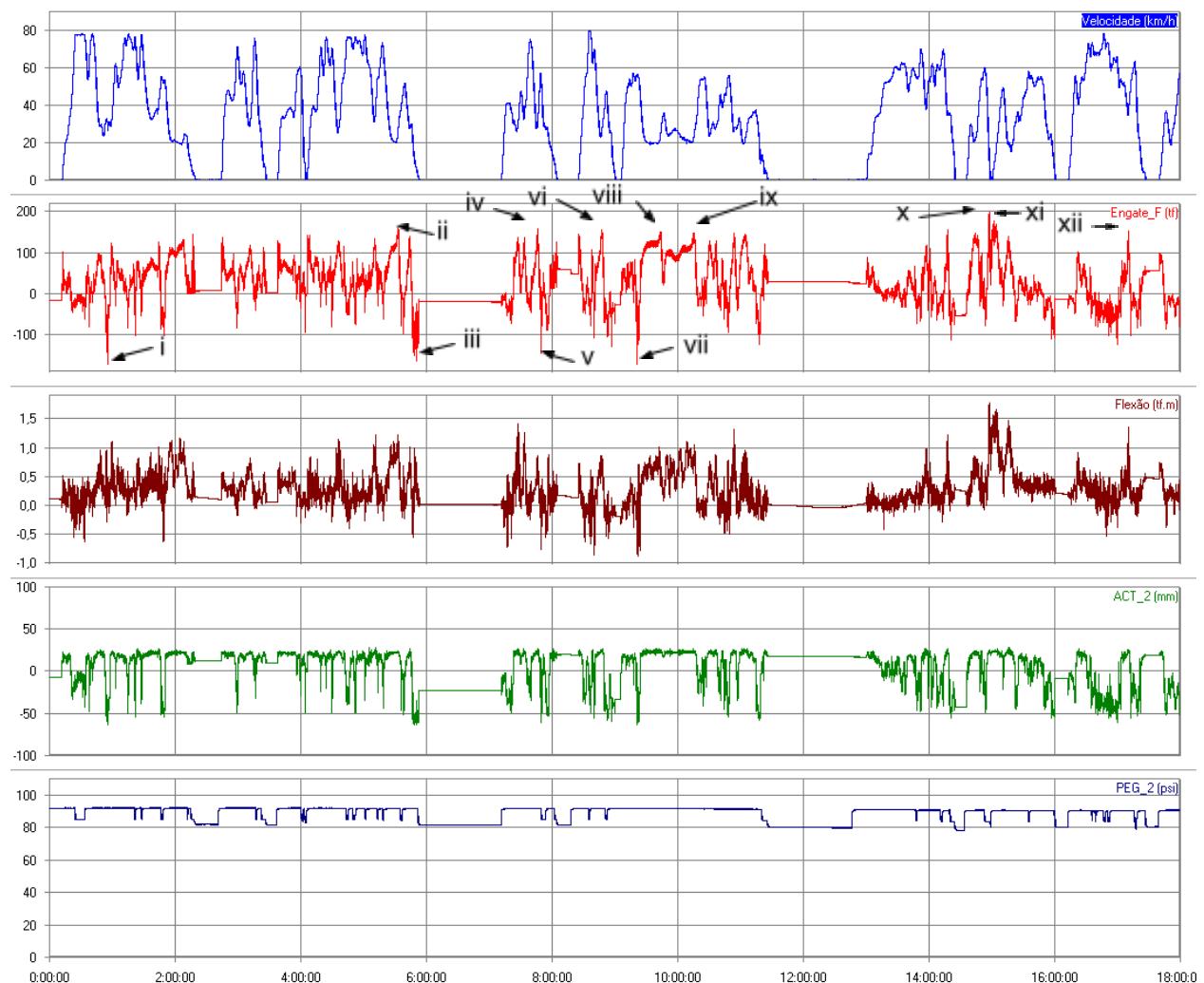


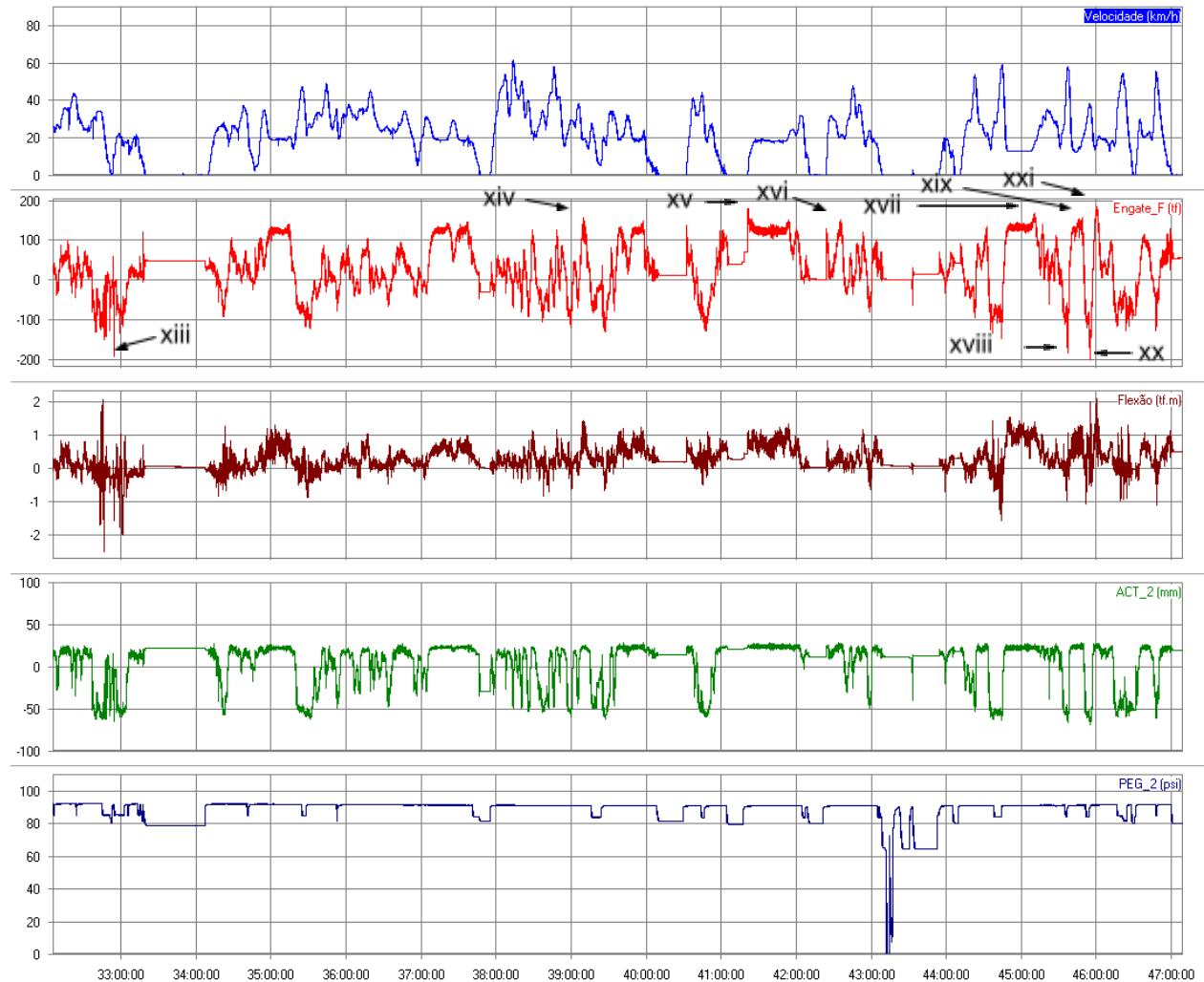
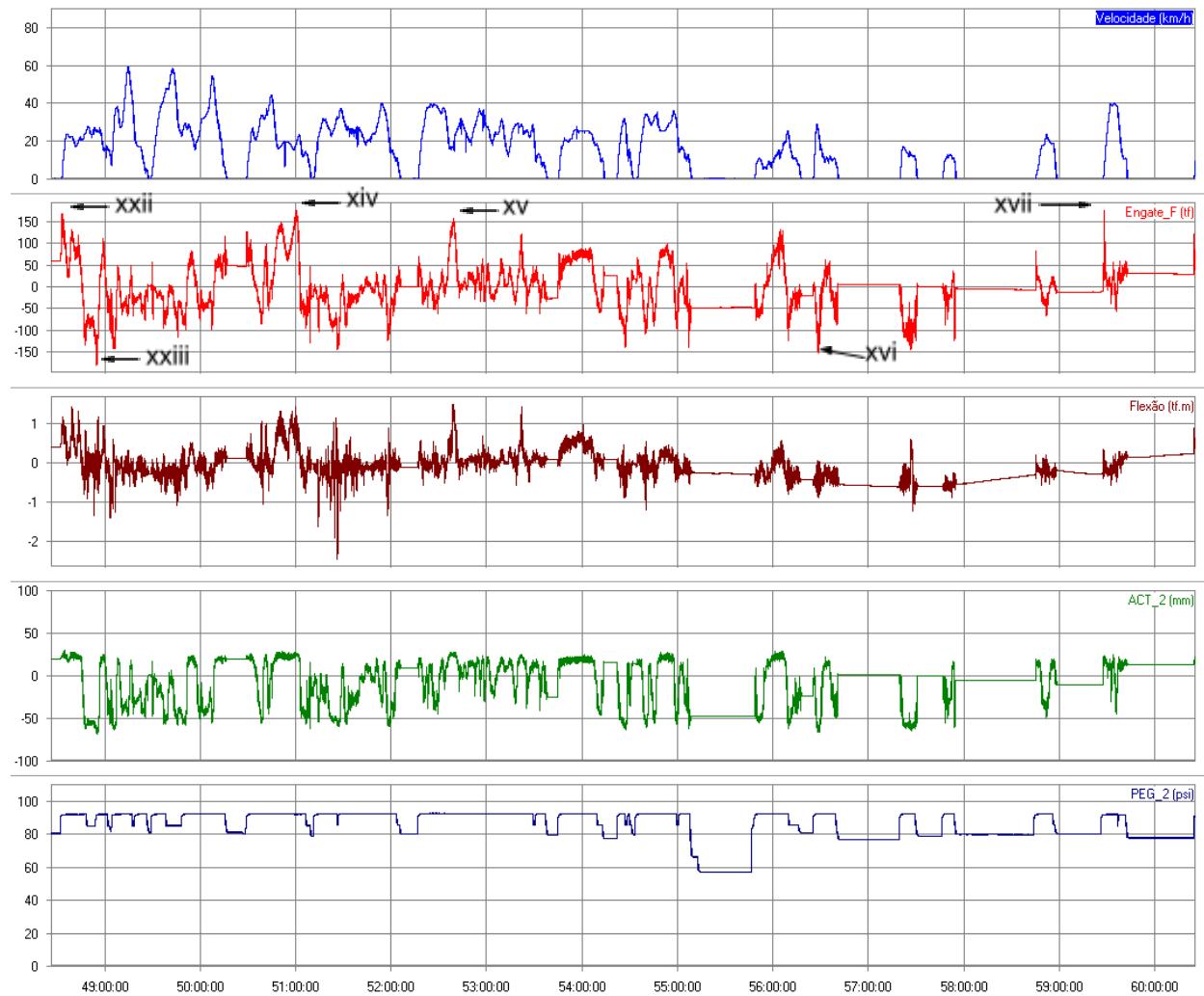
Figura 97 – Gráfico com os eventos xiii a xxi


Figura 98 – Gráfico com os eventos xxii a xvii


Os gráficos a seguir destacam alguns dos esforços críticos. A Figura 99 apresenta um caso em que o esforço crítico ocorreu em ambos os engates e as Figuras 99 a 103 destacam os maiores esforços do Engate F.

Figura 99 – Gráfico de detalhe com os eventos A e v

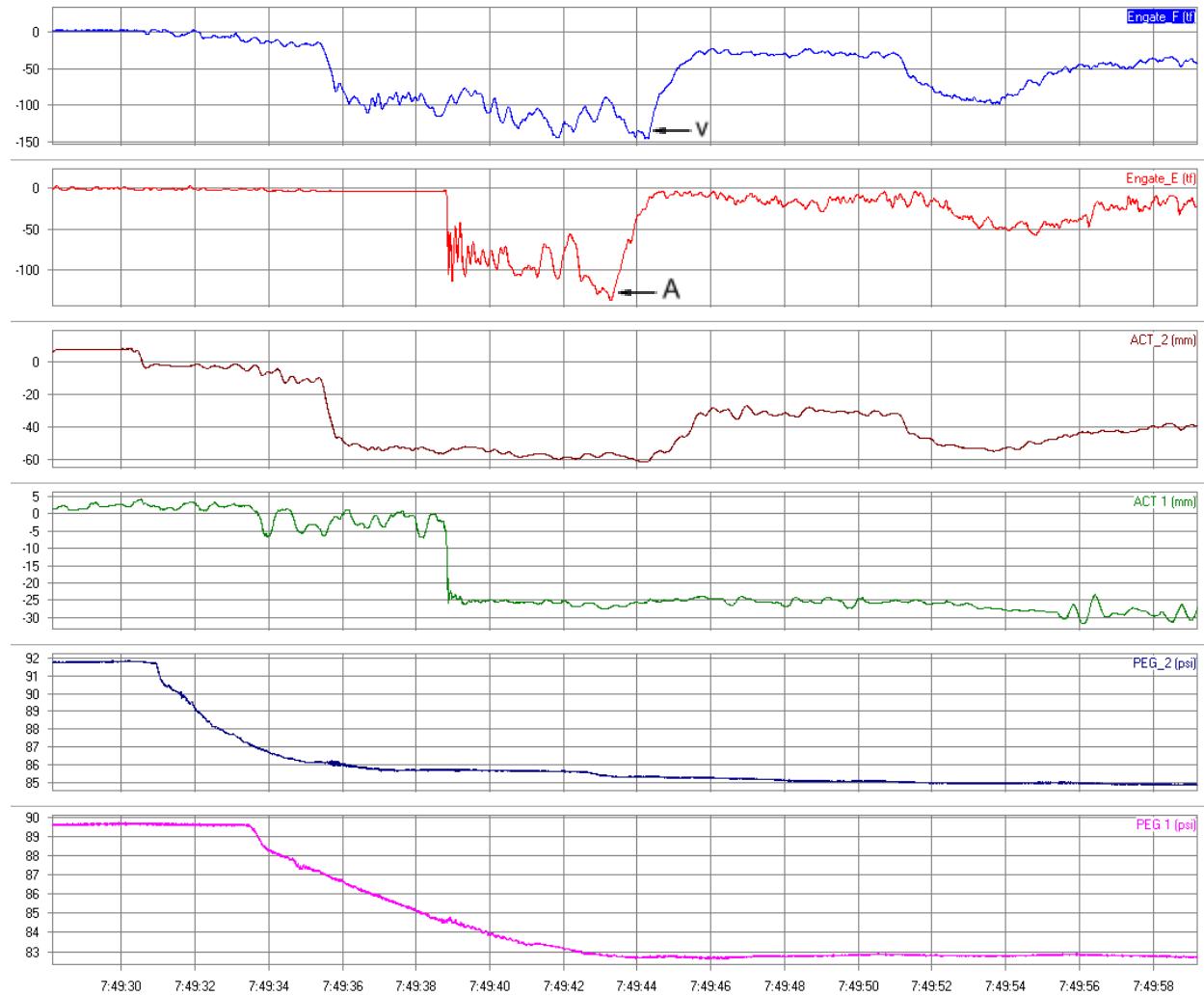


Figura 100 – Gráfico de detalhe com o evento x

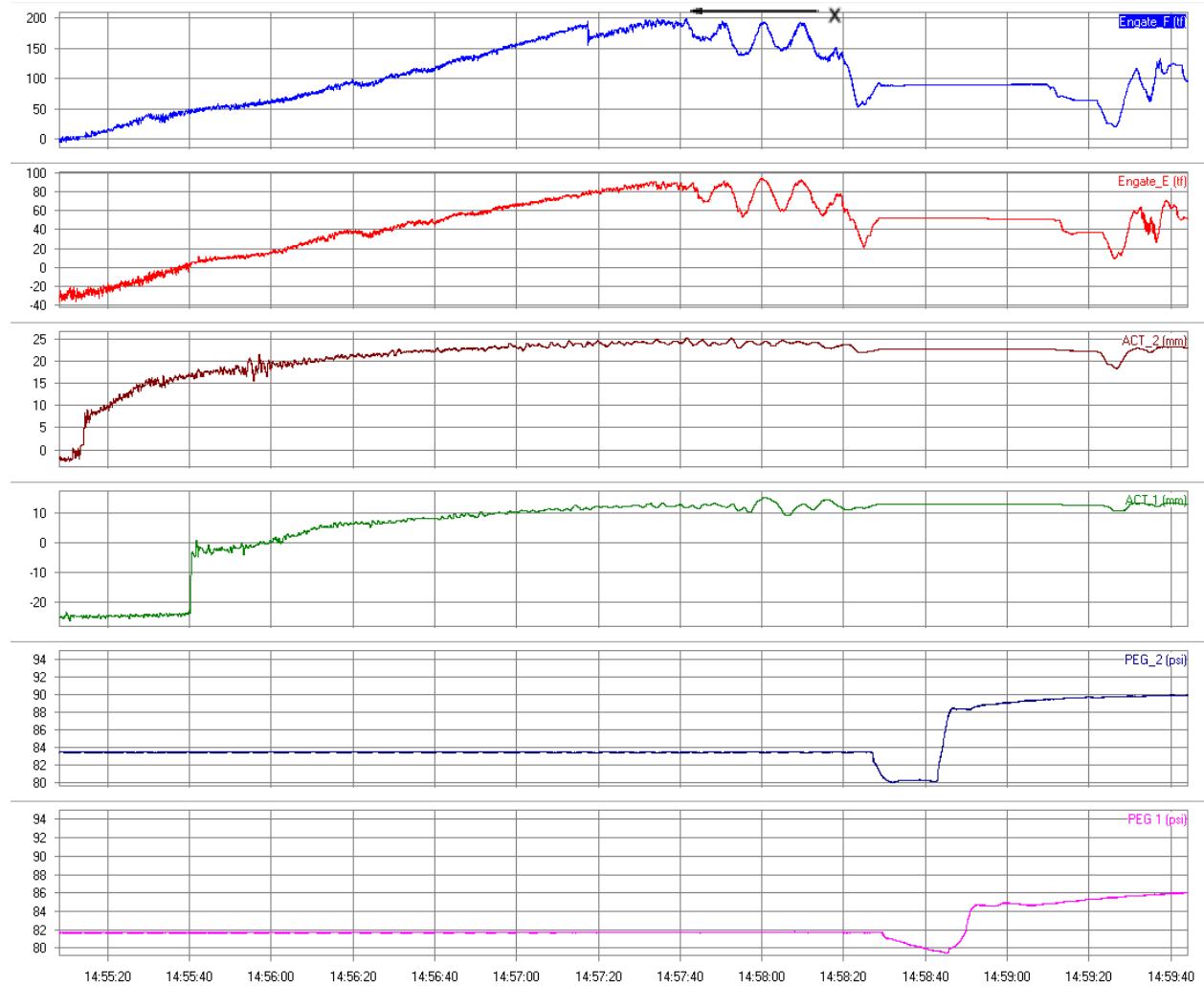


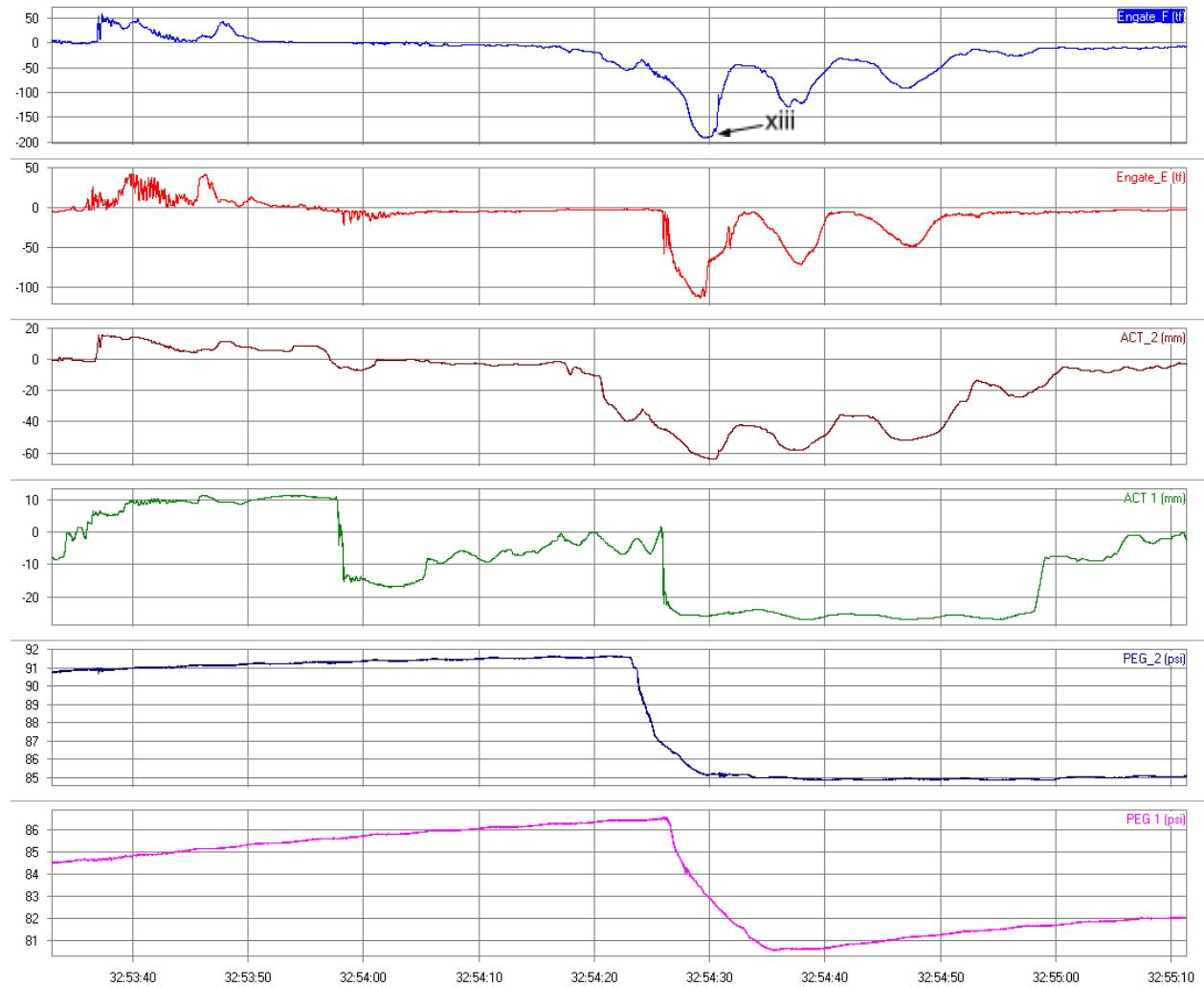
Figura 101 – Gráfico de detalhe com o evento xiii


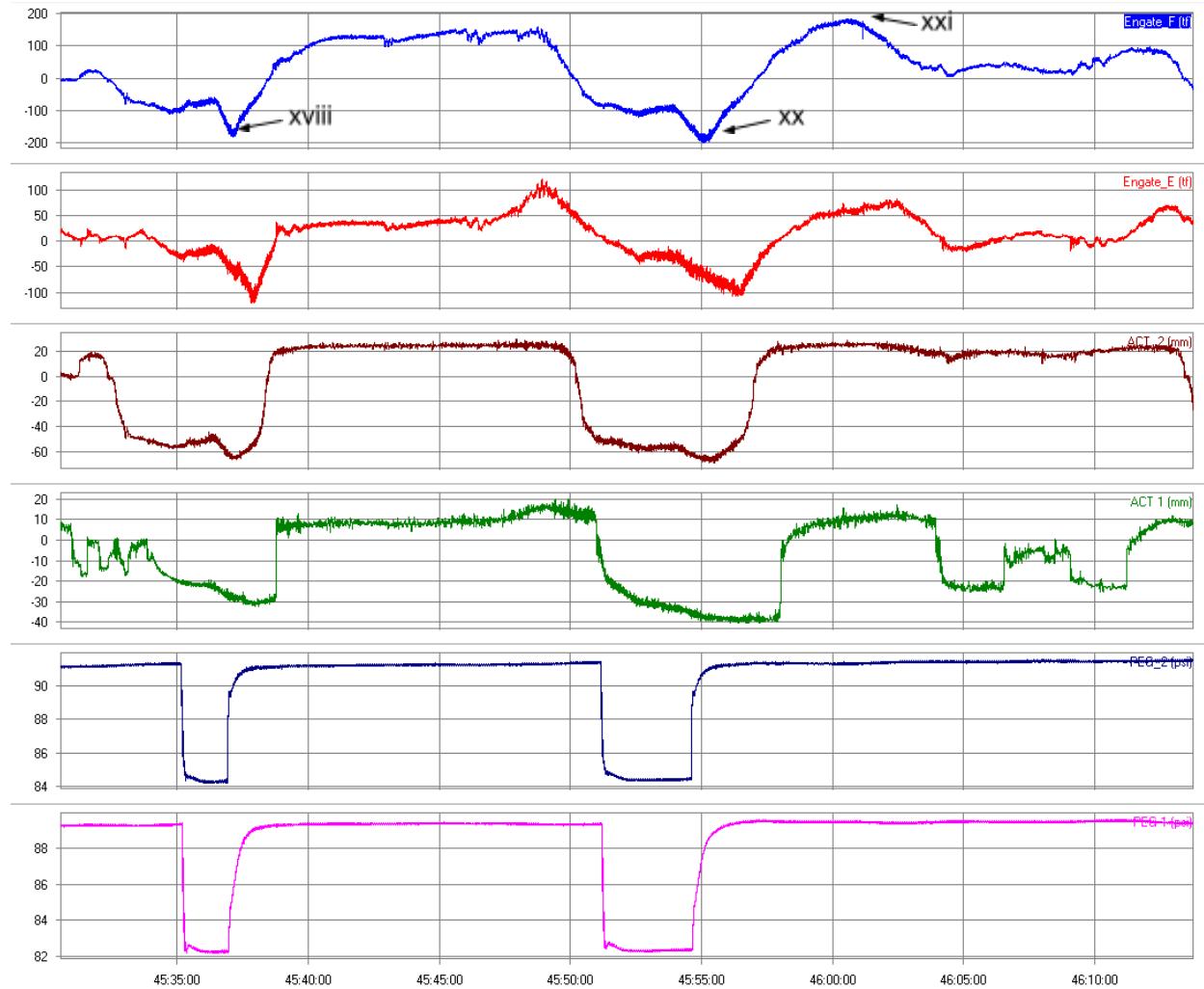
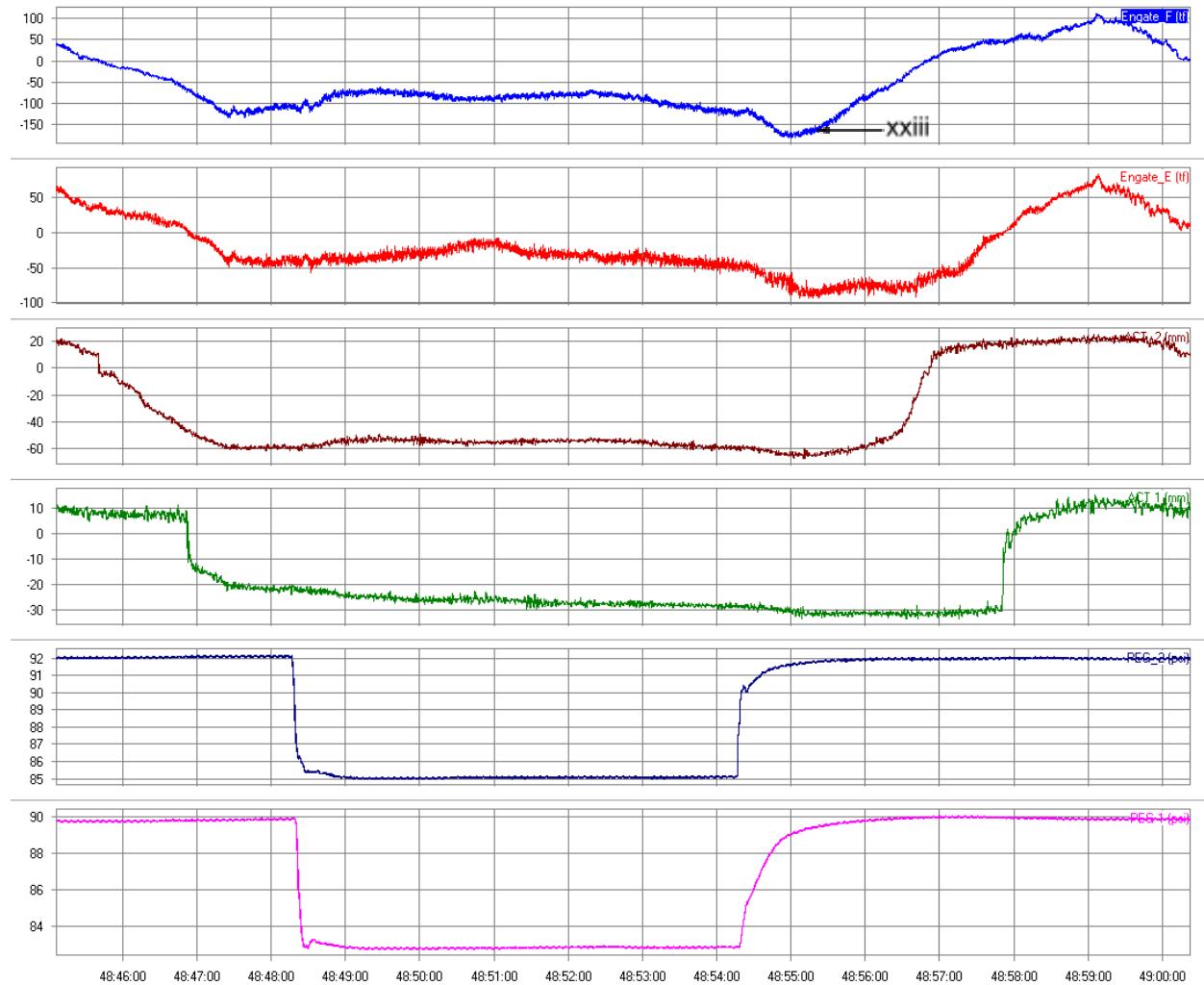
Figura 102 – Gráfico de detalhe com o evento xviii


Figura 103 – Gráfico de detalhe com o evento xxiii



3.3.6 Gráficos com a análise de Markov

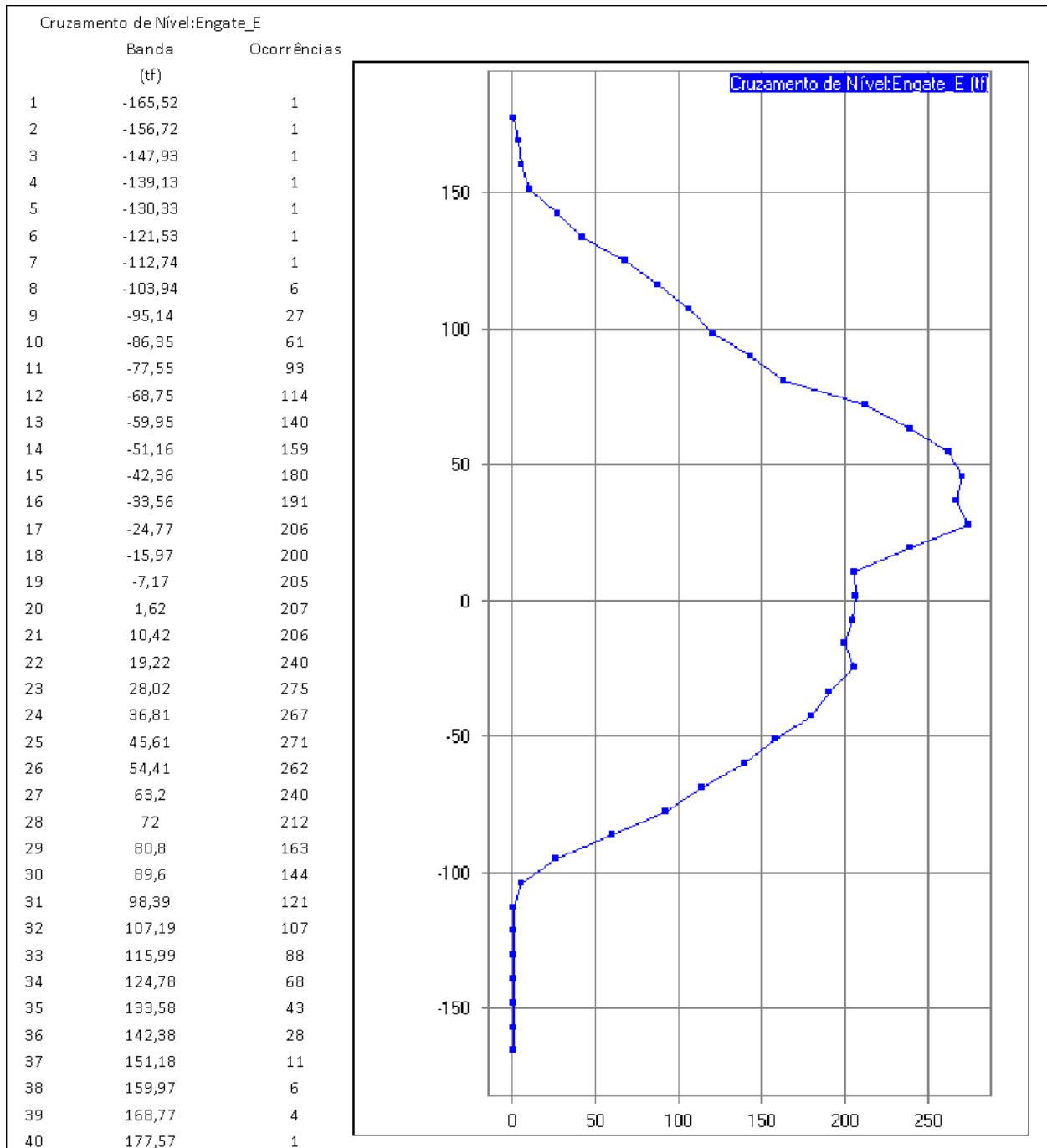
Por solicitação da ???, foram elaborados os gráficos da análise de Markov realizados com os seguintes parâmetros (Figuras 104 a 163):

- 40 bandas;
- 5% de histerese;
- limites superior e inferior são os valores máximo e mínimo do sinal;
- os gráficos apresentados são referentes à análise de cruzamento de nível.

3.3.6.1 Viagem do trem prefixo ??, percurso TRO - PSN, carregado

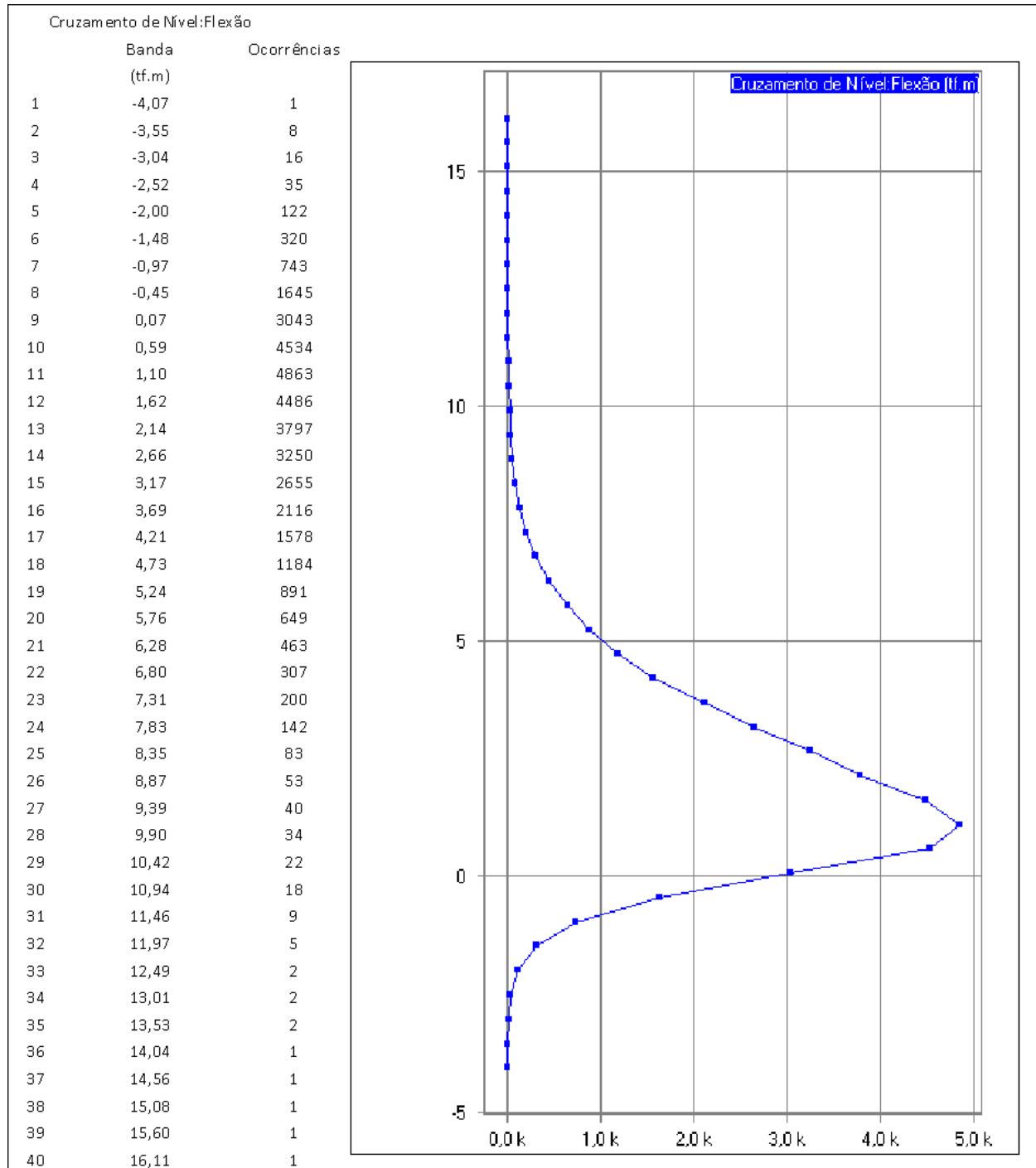
3.3.6.1.1 Vagão ????, engate E

Figura 104 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



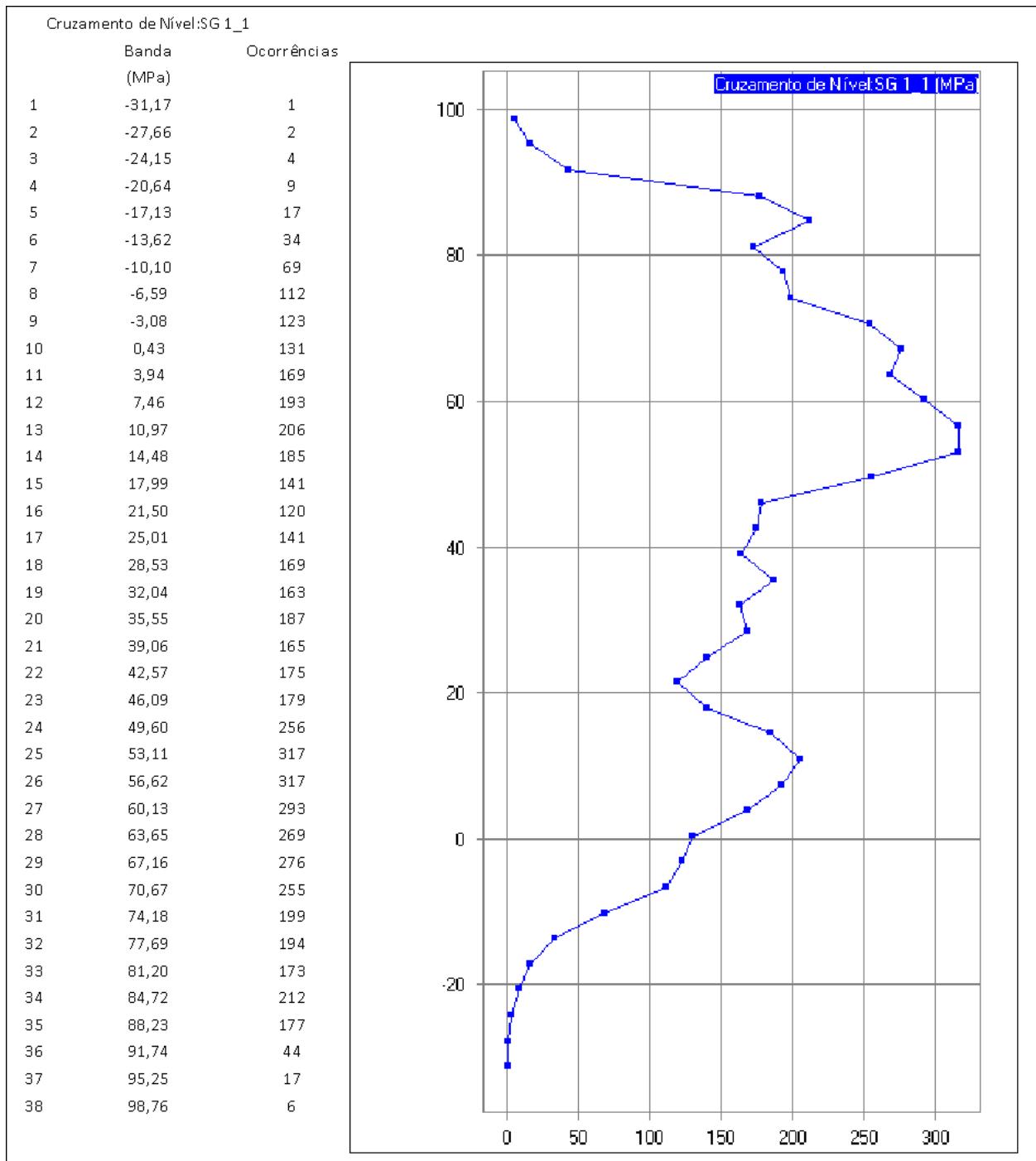
Fonte: IPT

Figura 105 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



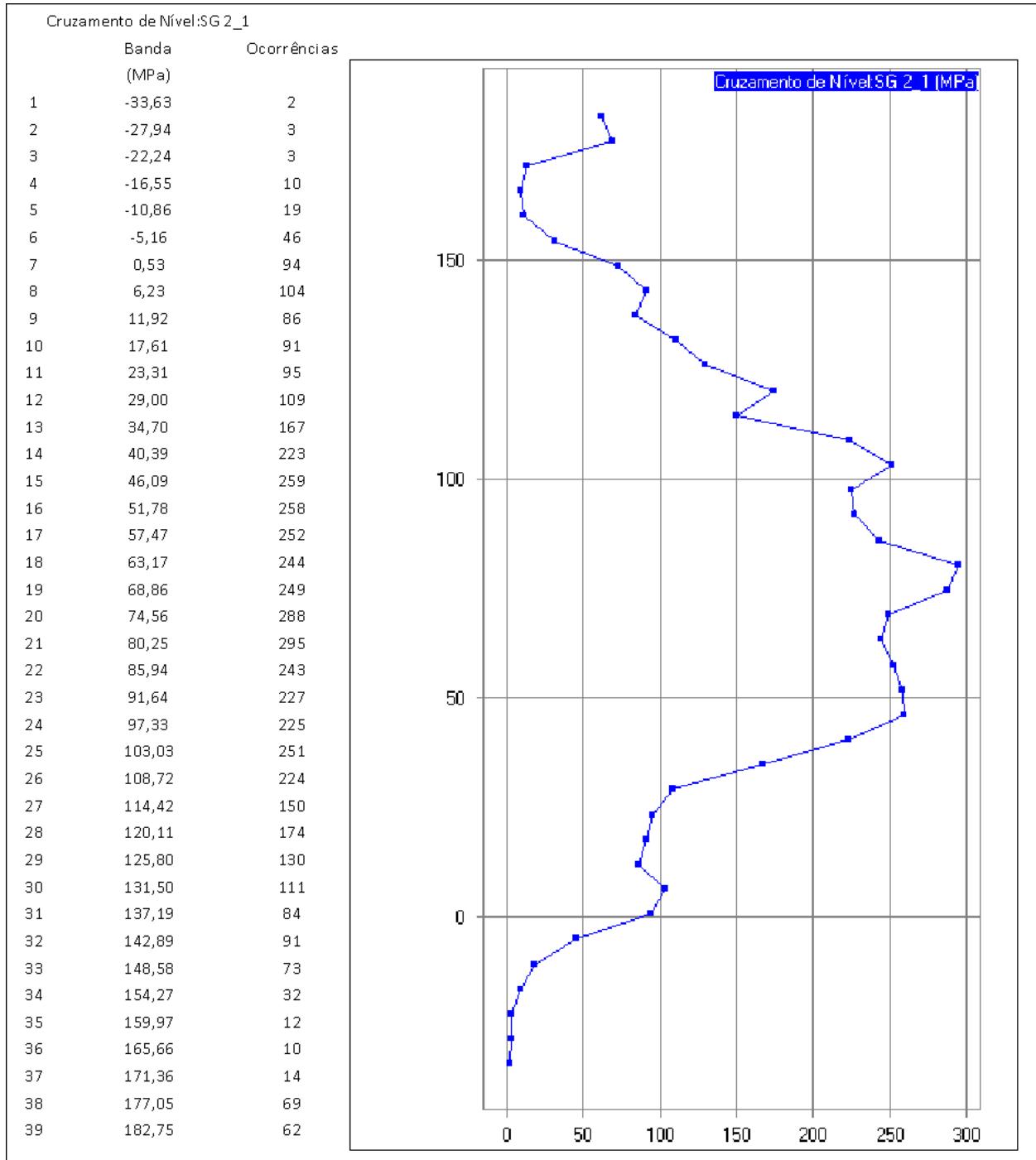
Fonte: IPT

Figura 106 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



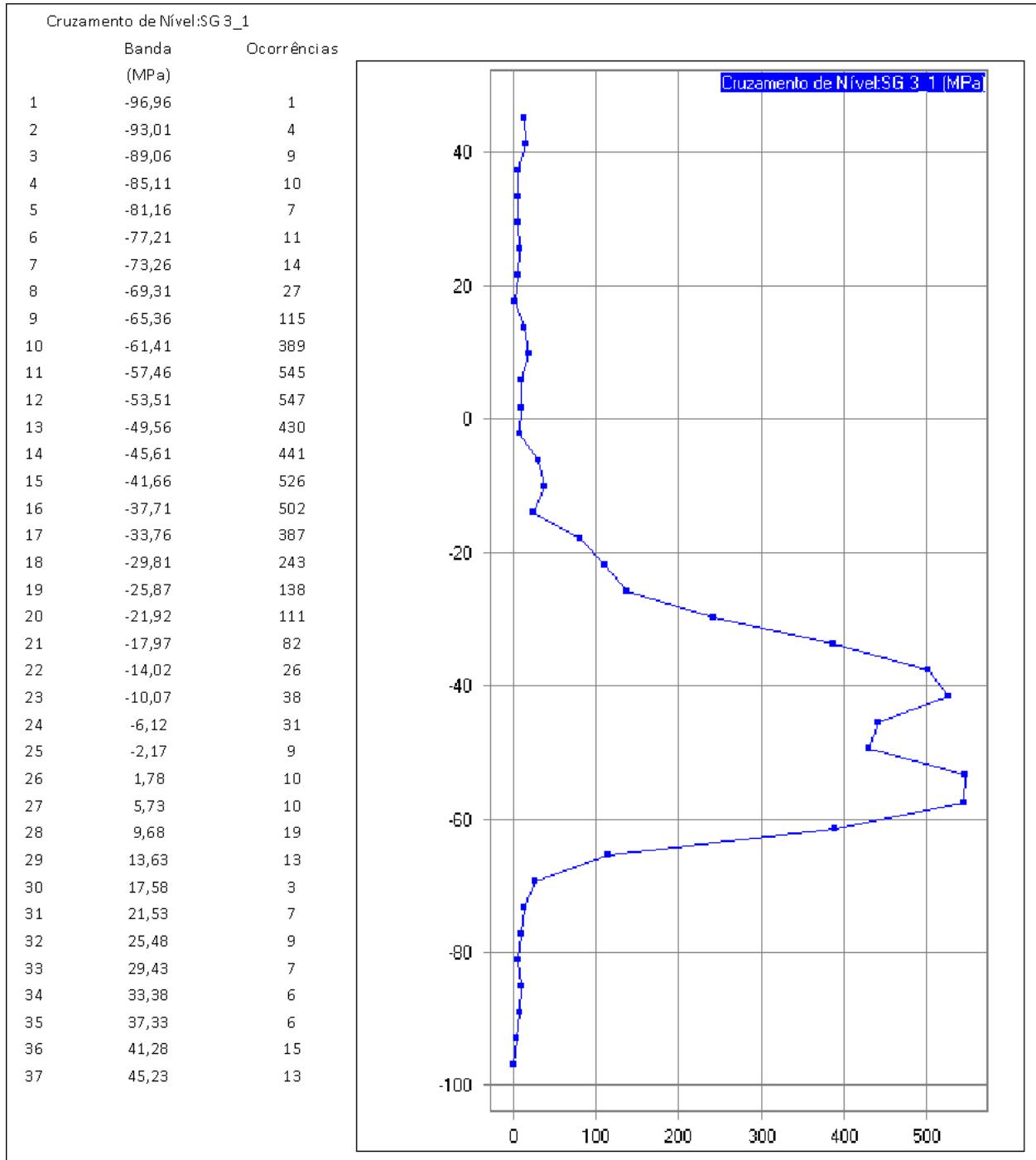
Fonte: IPT

Figura 107 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

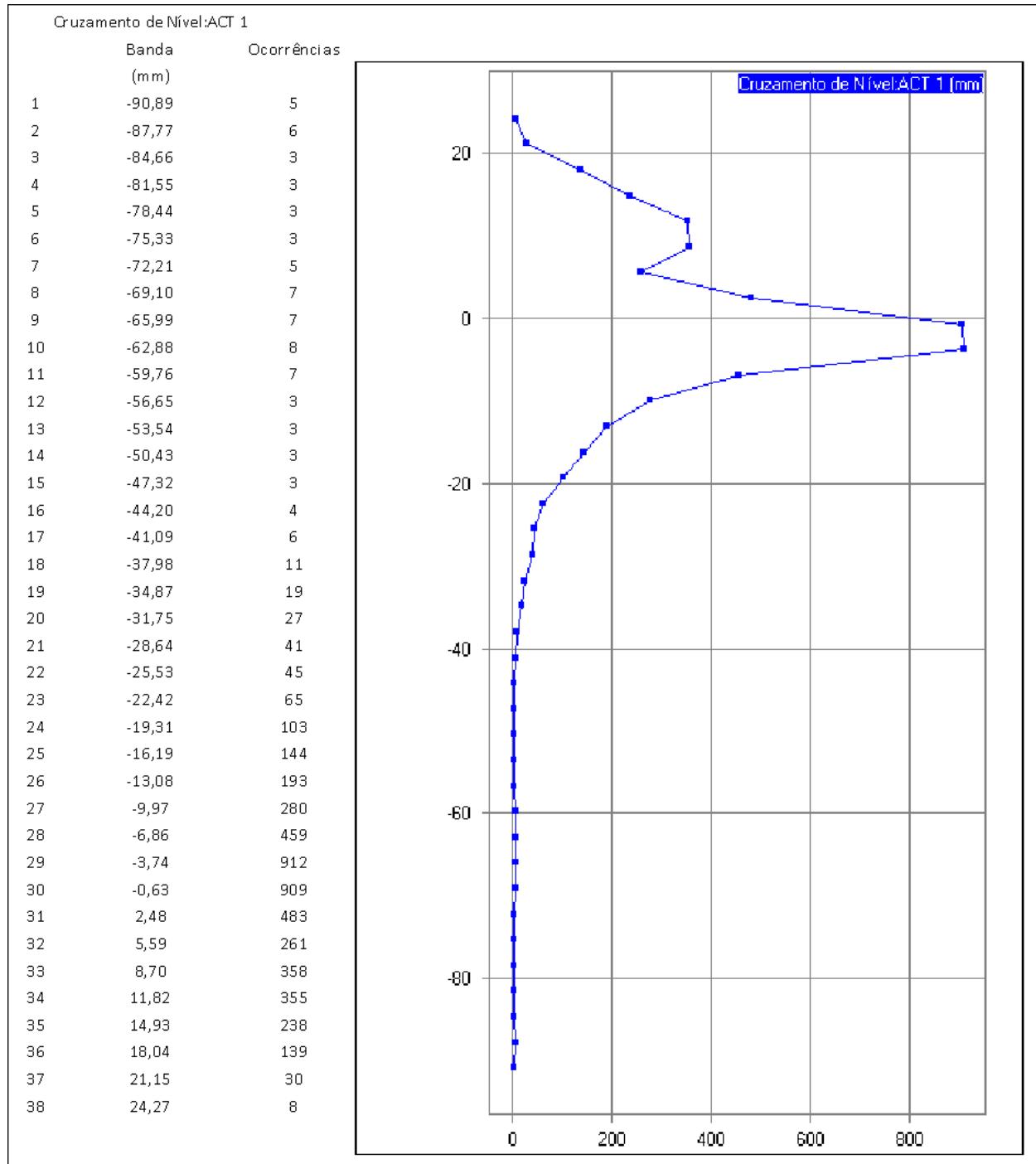


Fonte: IPT

Figura 108 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



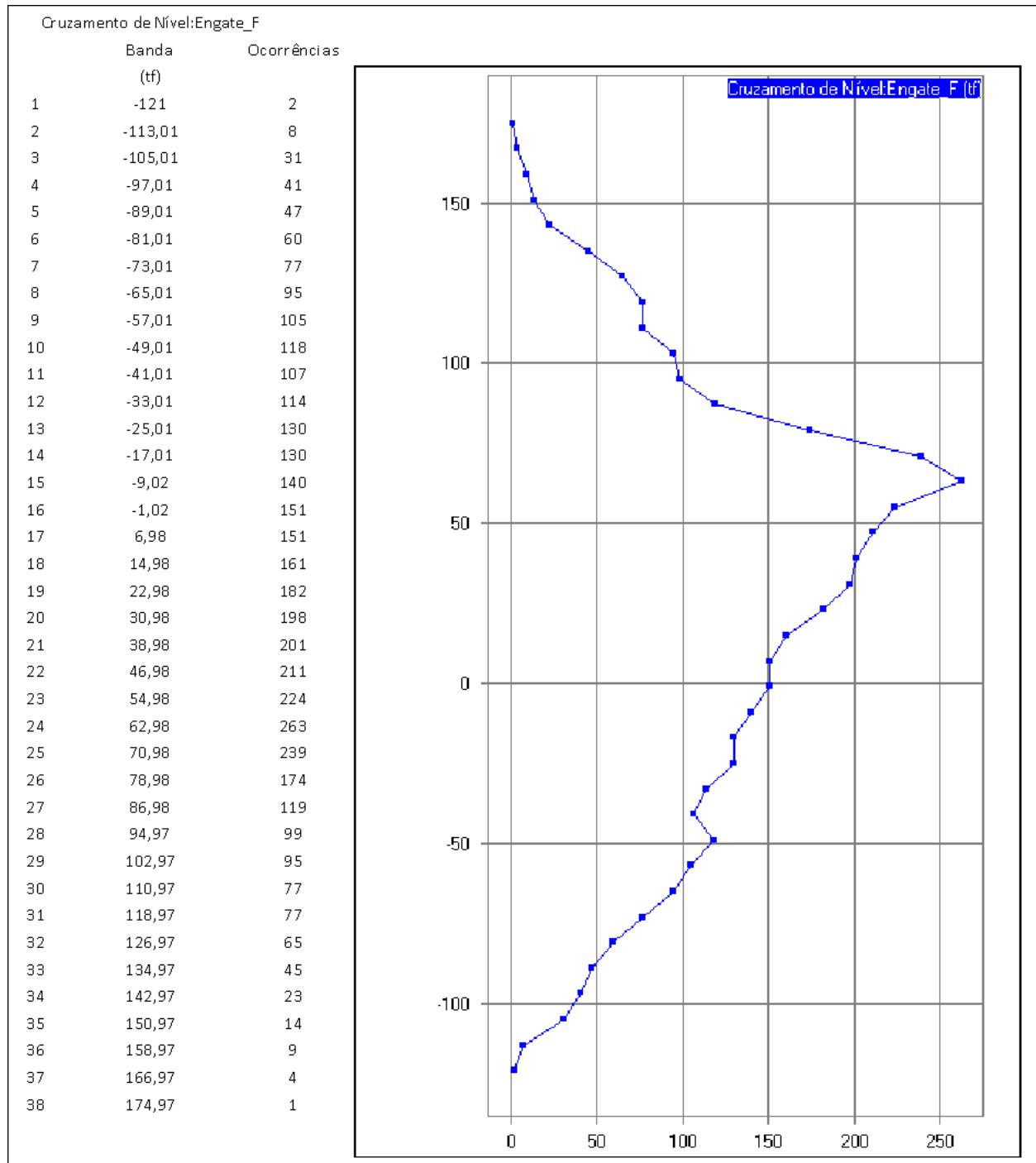
Fonte: IPT

Figura 109 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado


Fonte: IPT

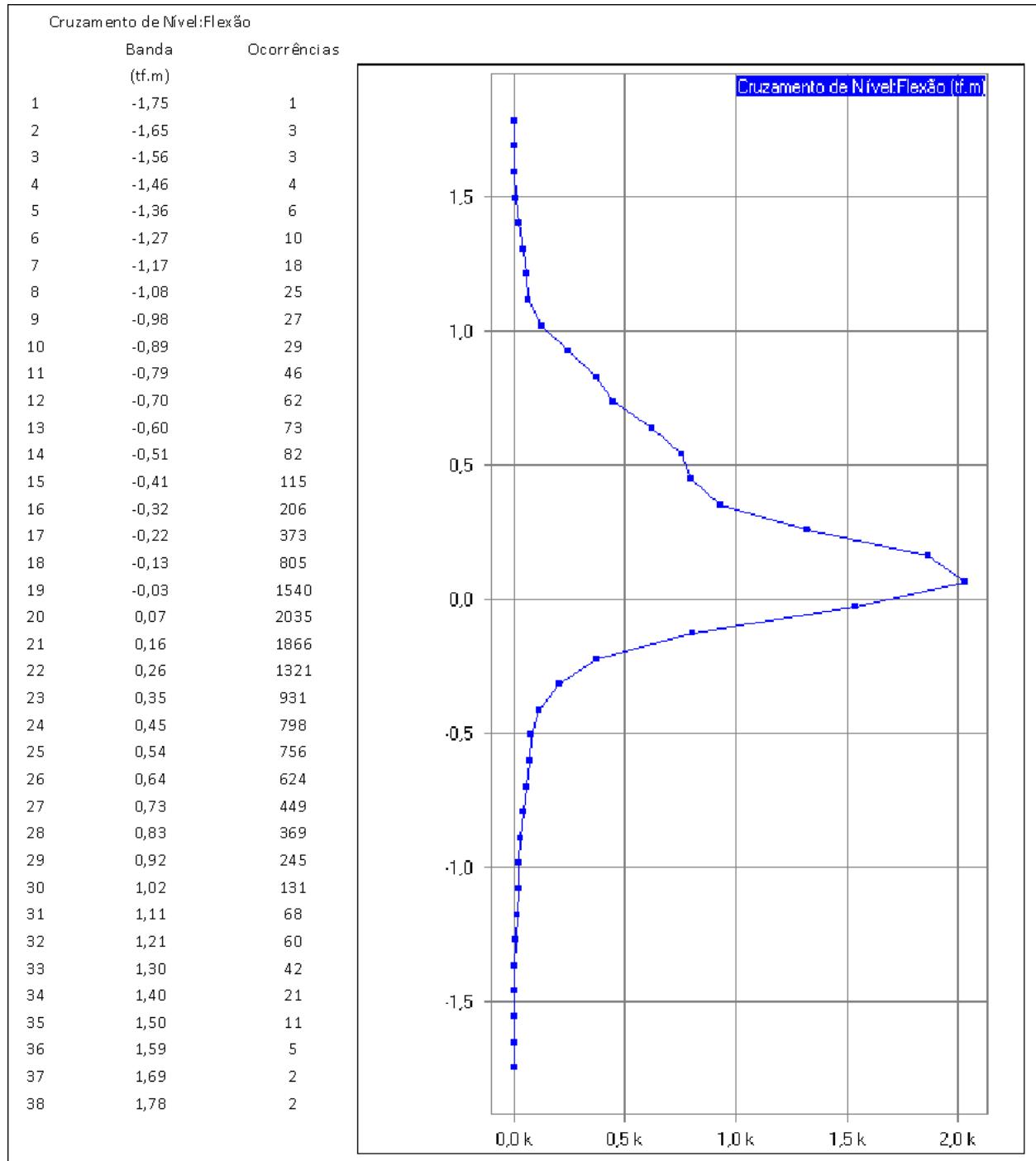
3.3.6.1.2 Vagão ?????, engate F

Figura 110 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



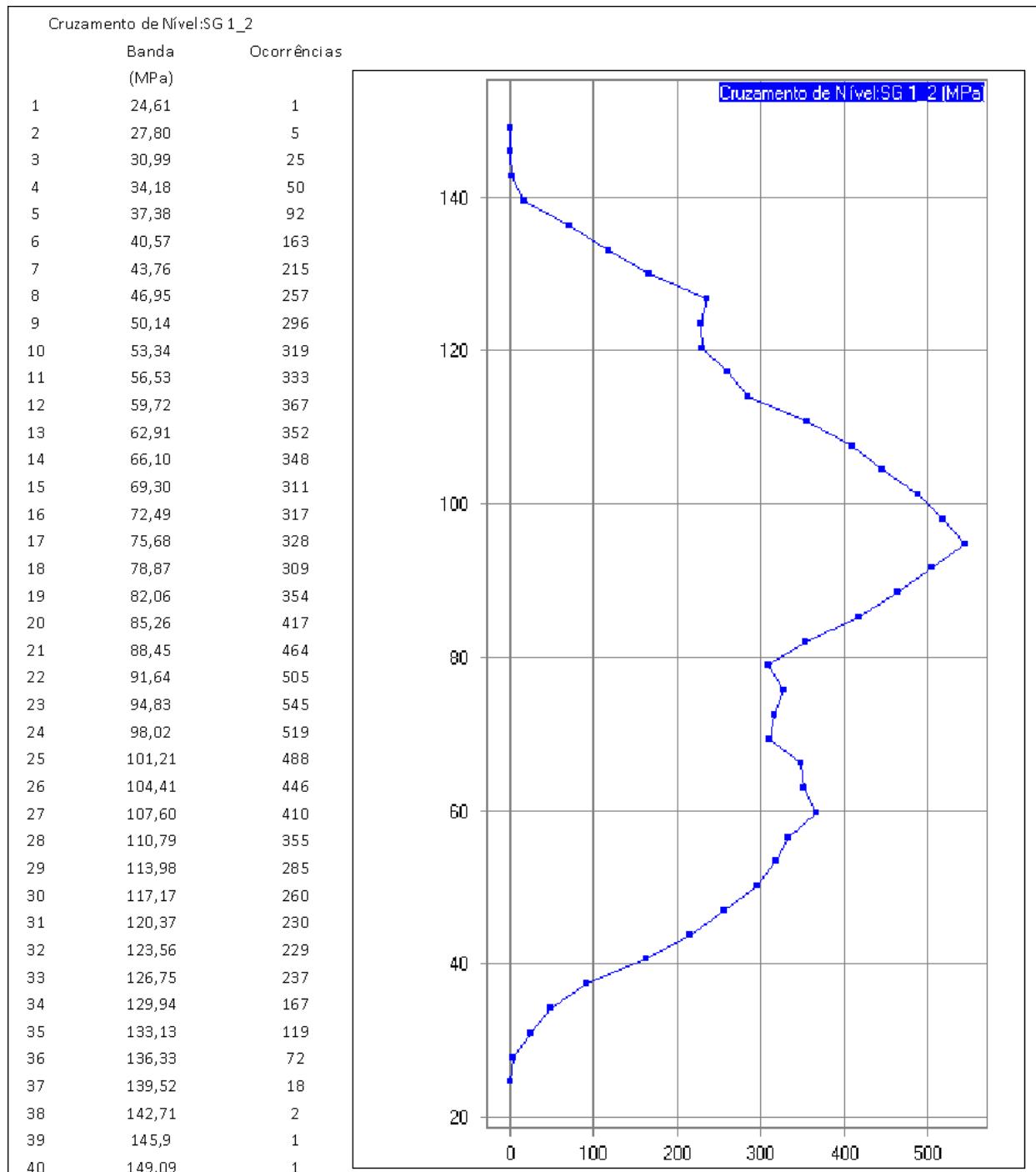
Fonte: IPT

Figura 111 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



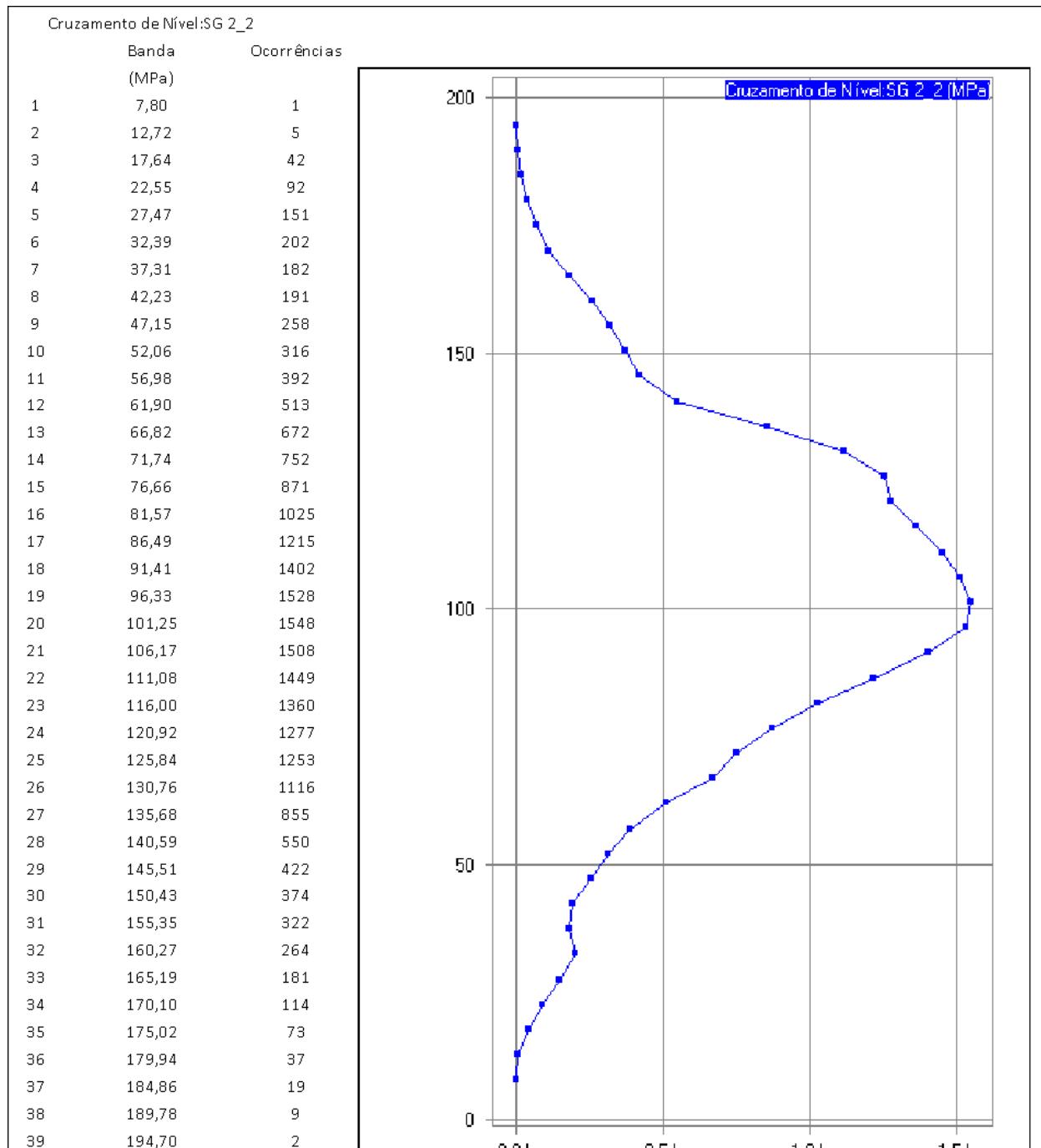
Fonte: IPT

Figura 112 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem I ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



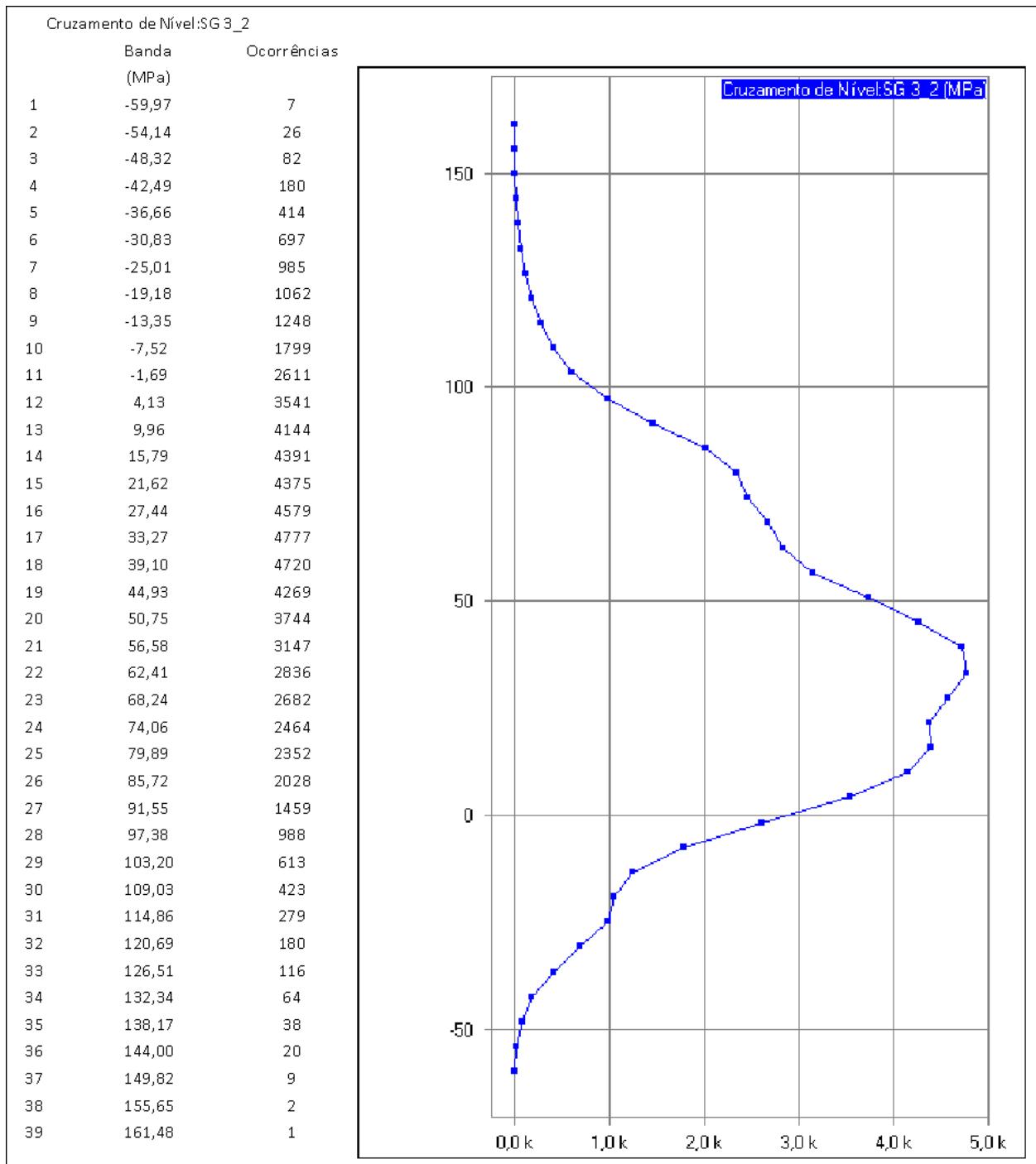
Fonte: IPT

Figura 113 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



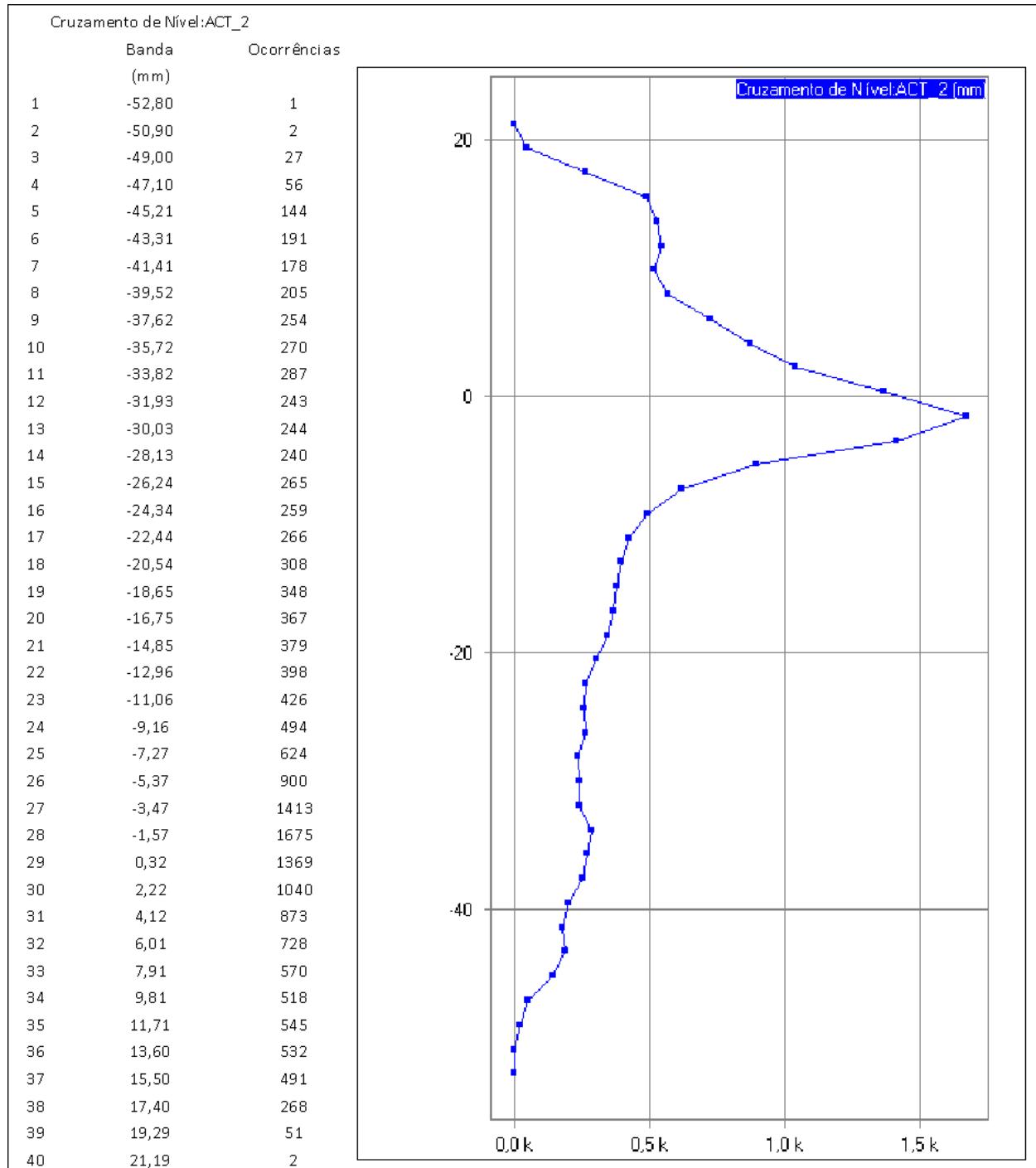
Fonte: IPT

Figura 114 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

Figura 115 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

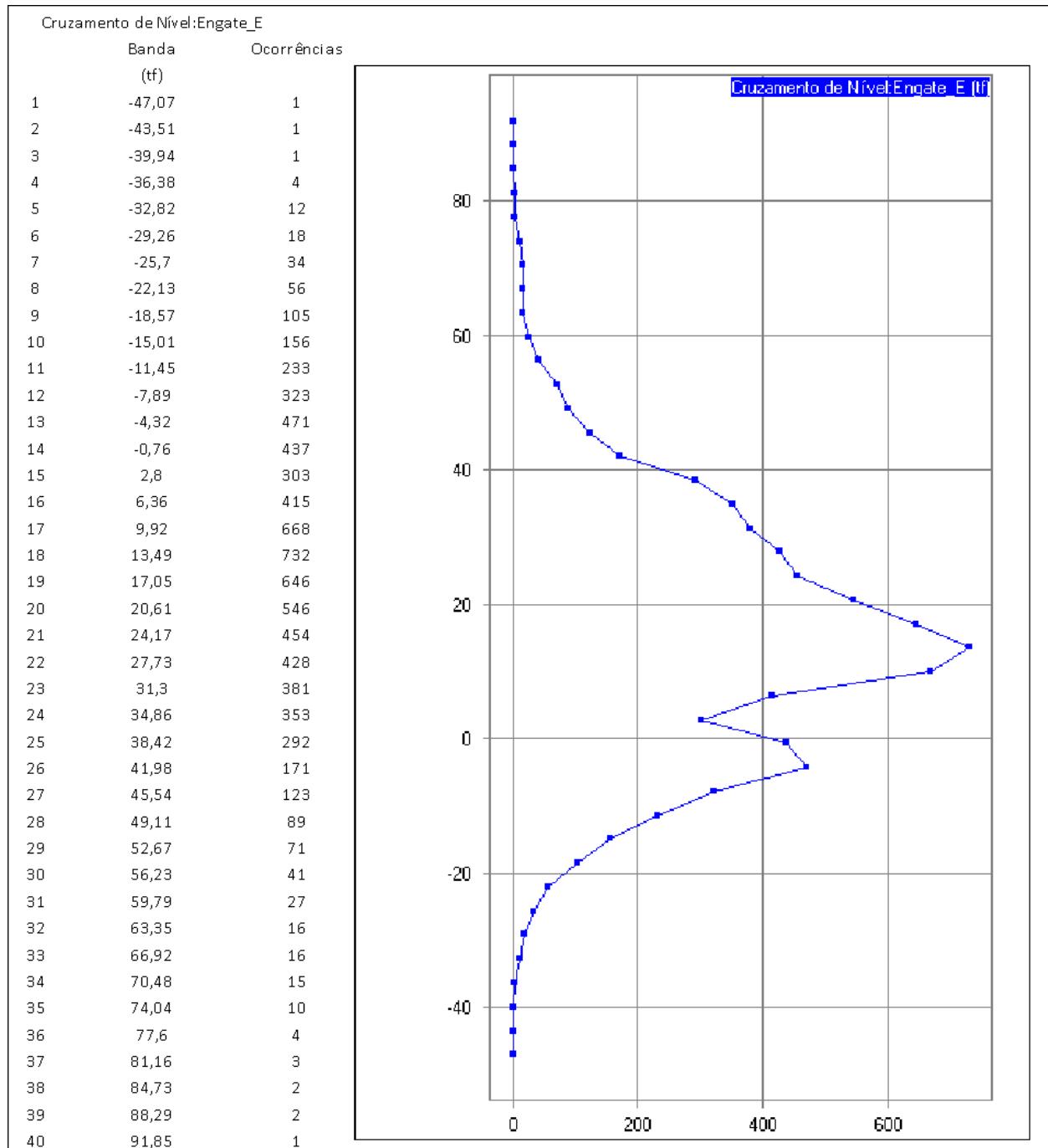


Fonte: IPT

3.3.6.2 Viagem do trem prefixo ??, percurso PSN - PSS, vazio

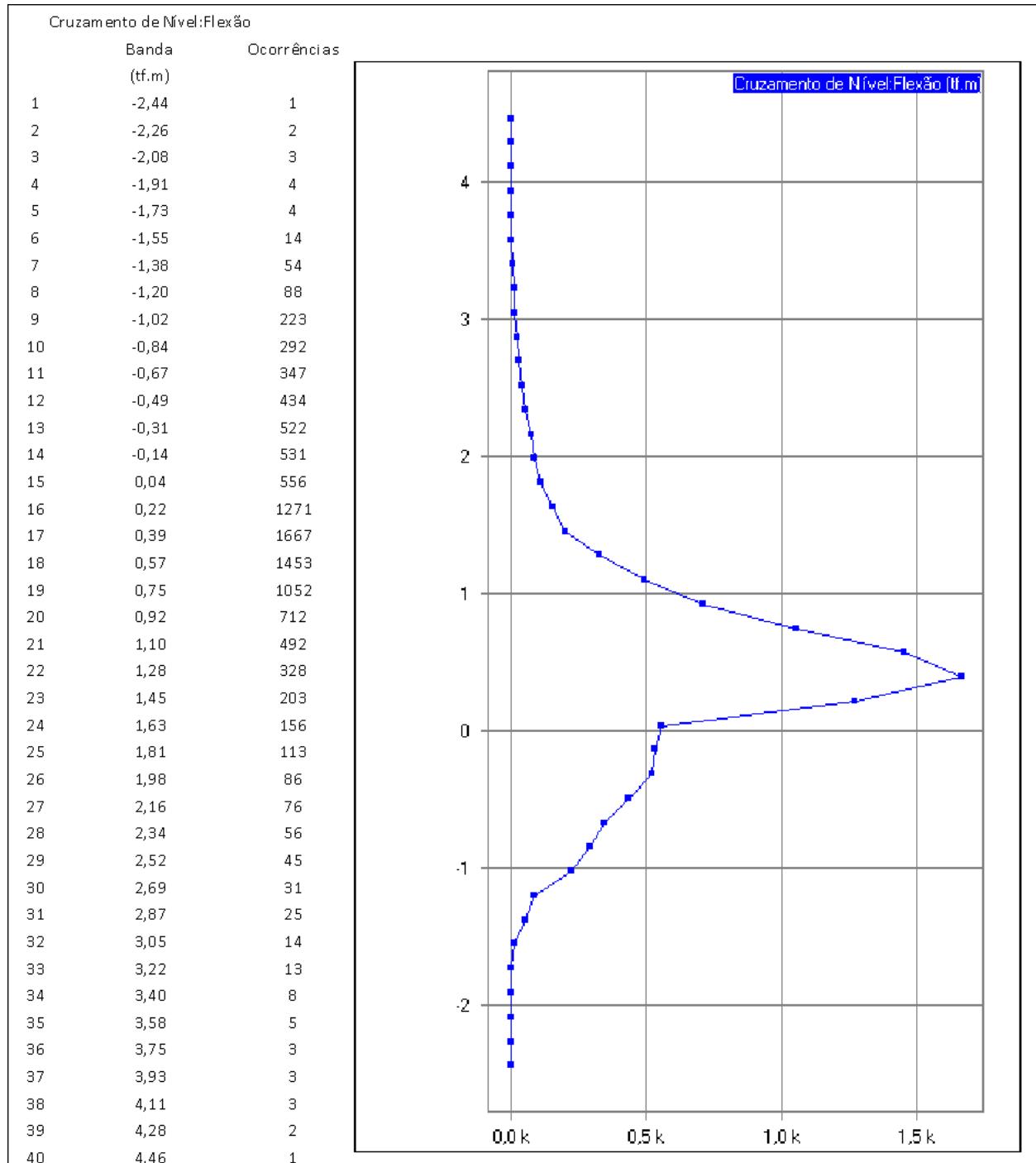
3.3.6.2.1 Vagão????, engate E

Figura 116 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão????, engate E, PSN - PSS, vazio

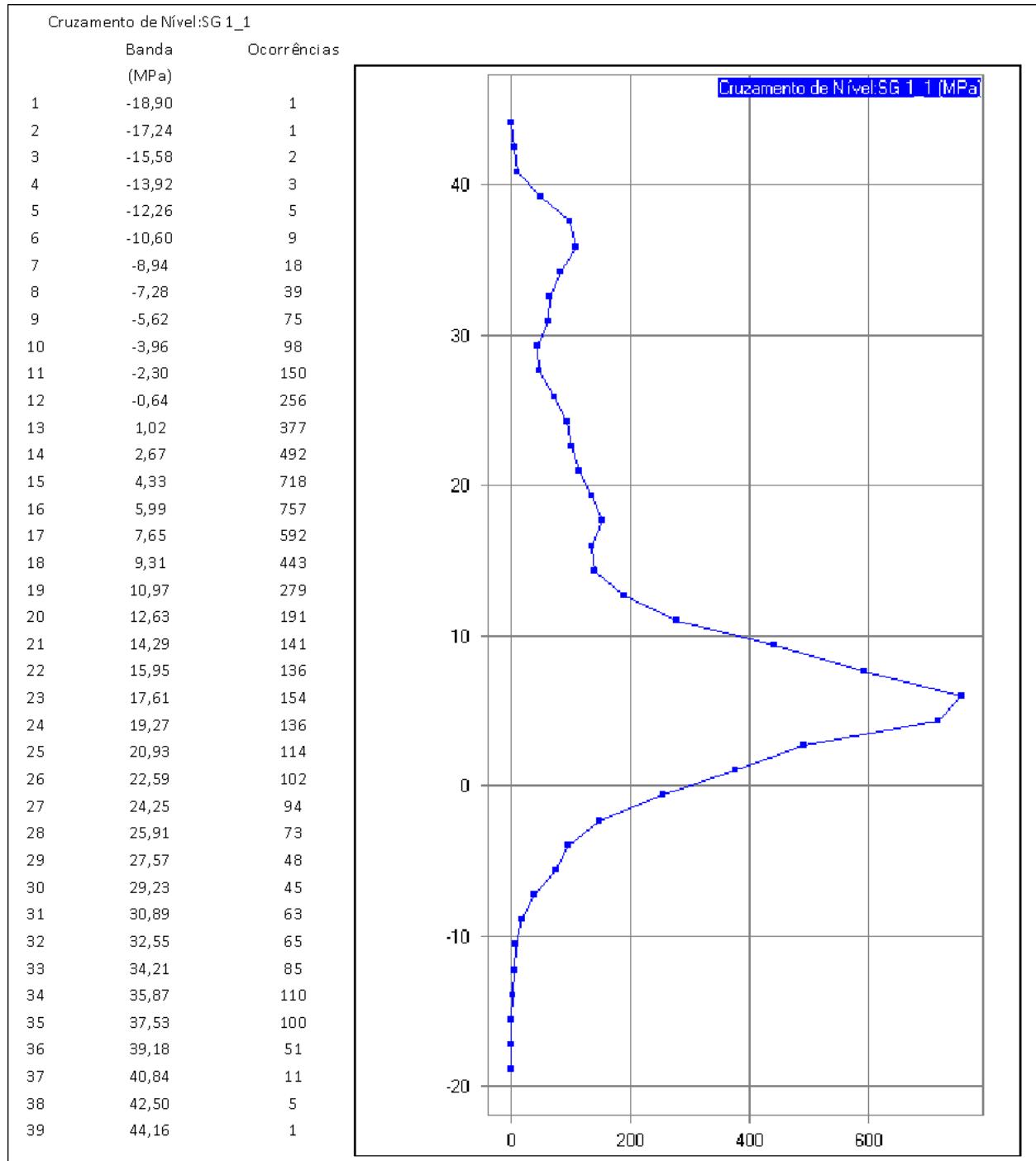


Fonte: IPT

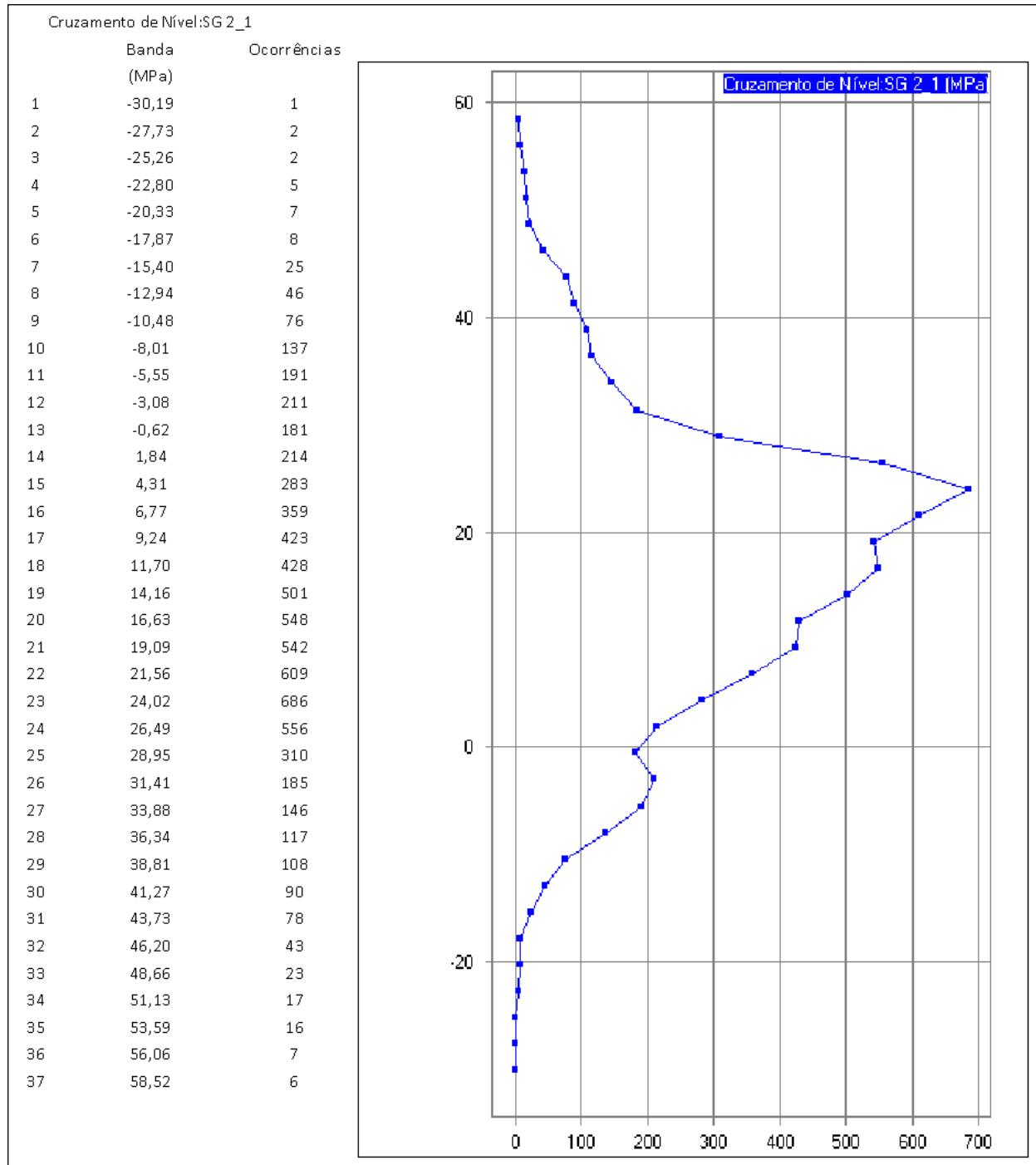
Figura 117 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio



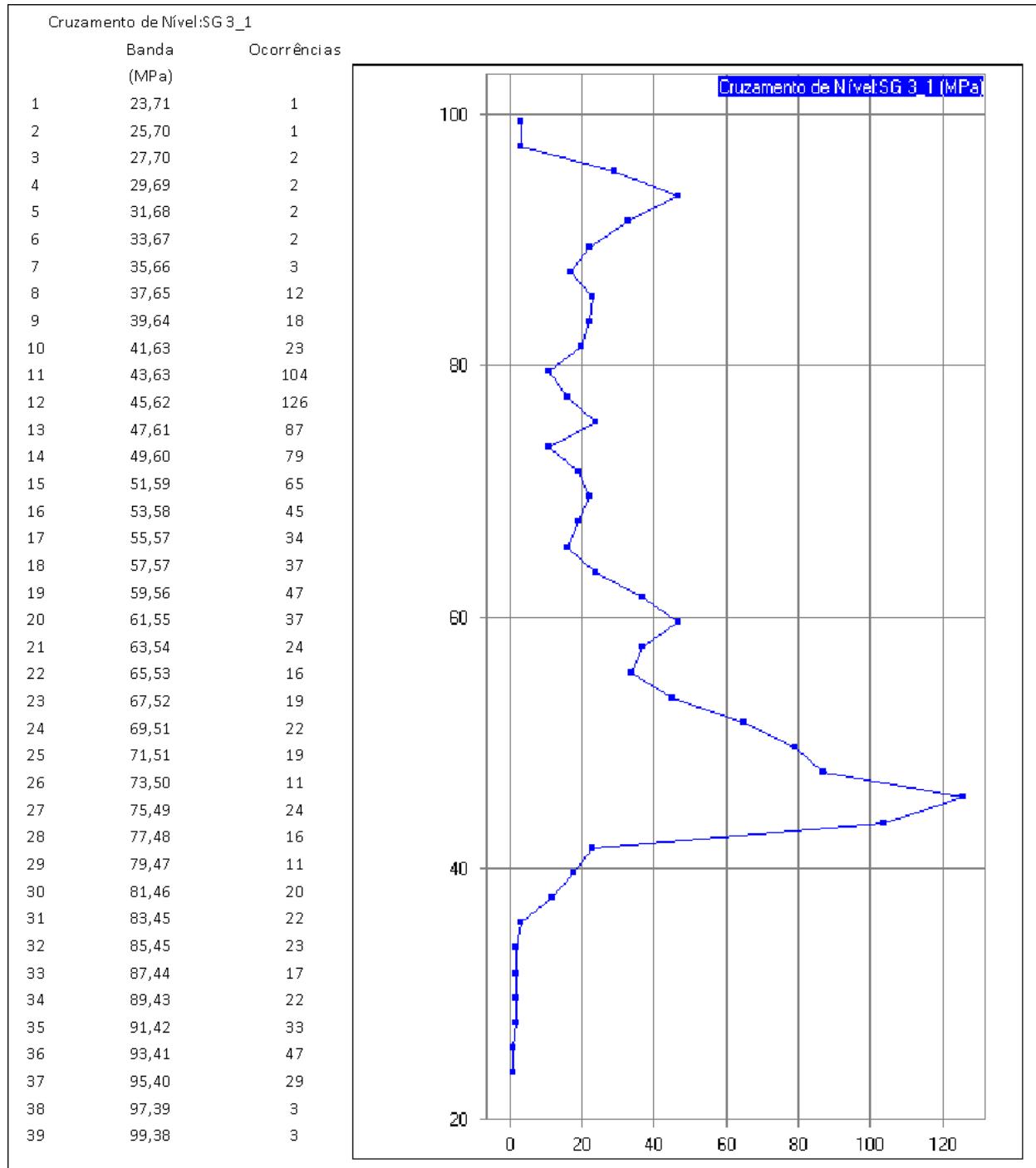
Fonte: IPT

Figura 118 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio


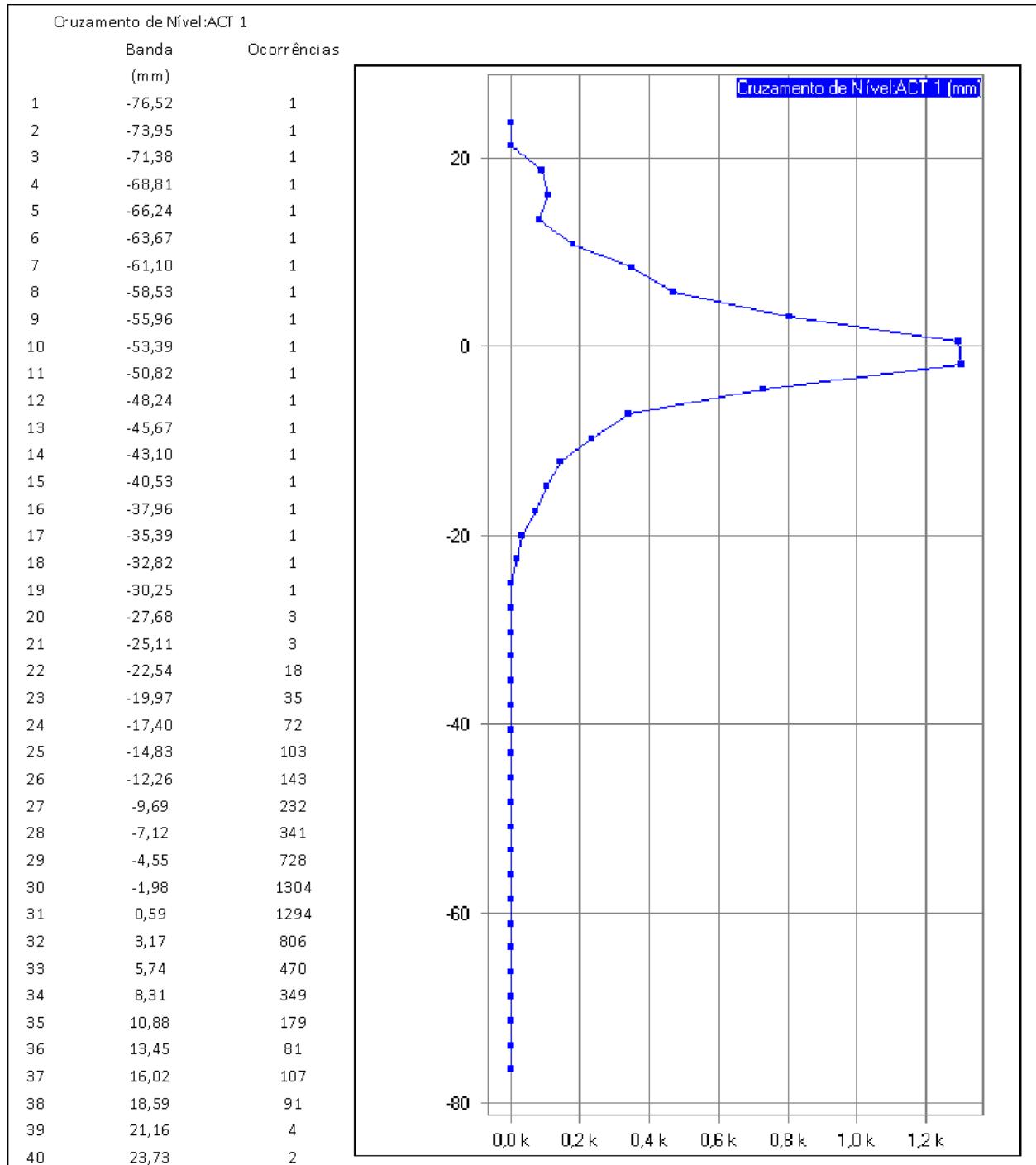
Fonte: IPT

Figura 119 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio


Fonte: IPT

Figura 120 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio


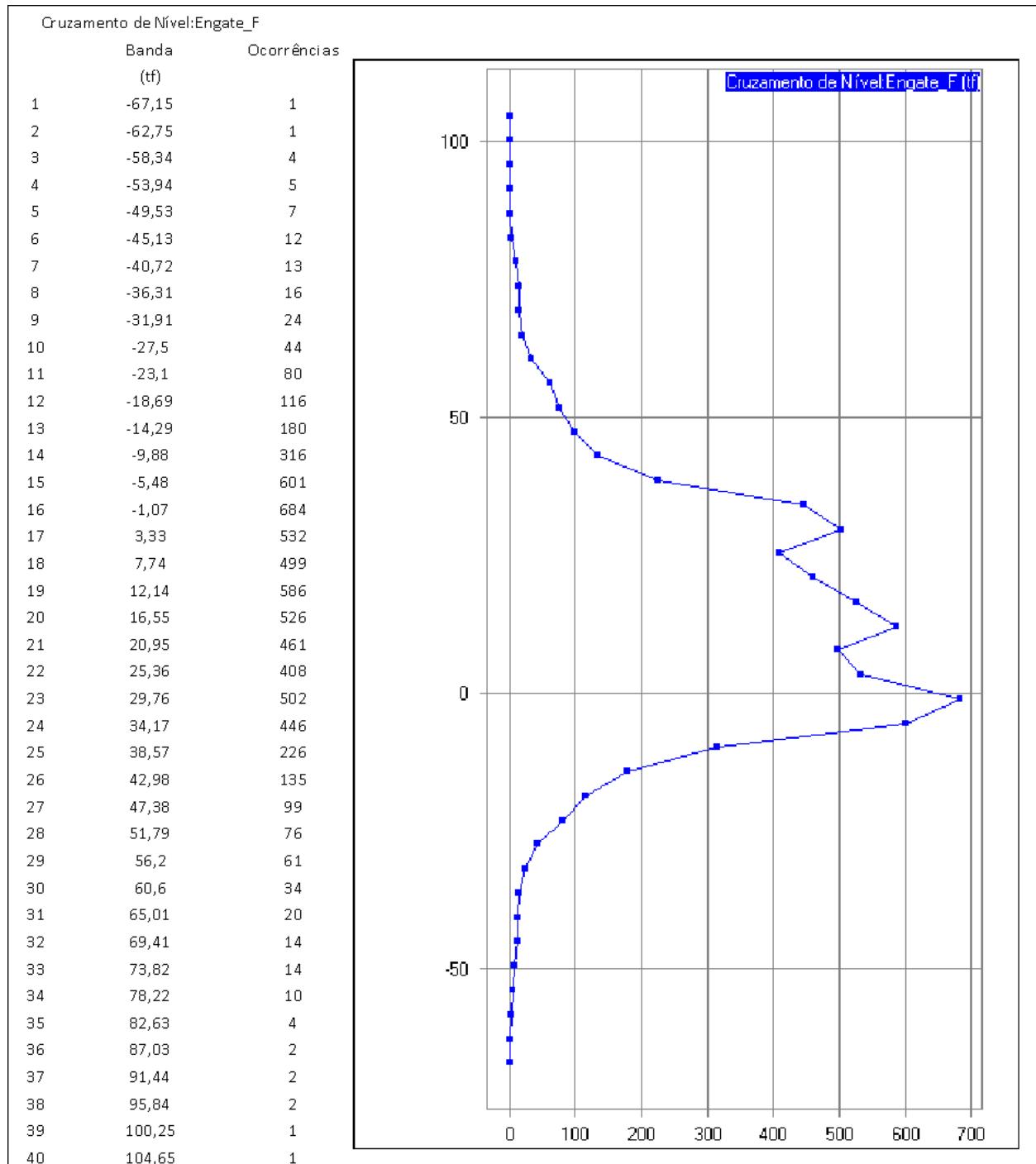
Fonte: IPT

Figura 121 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio


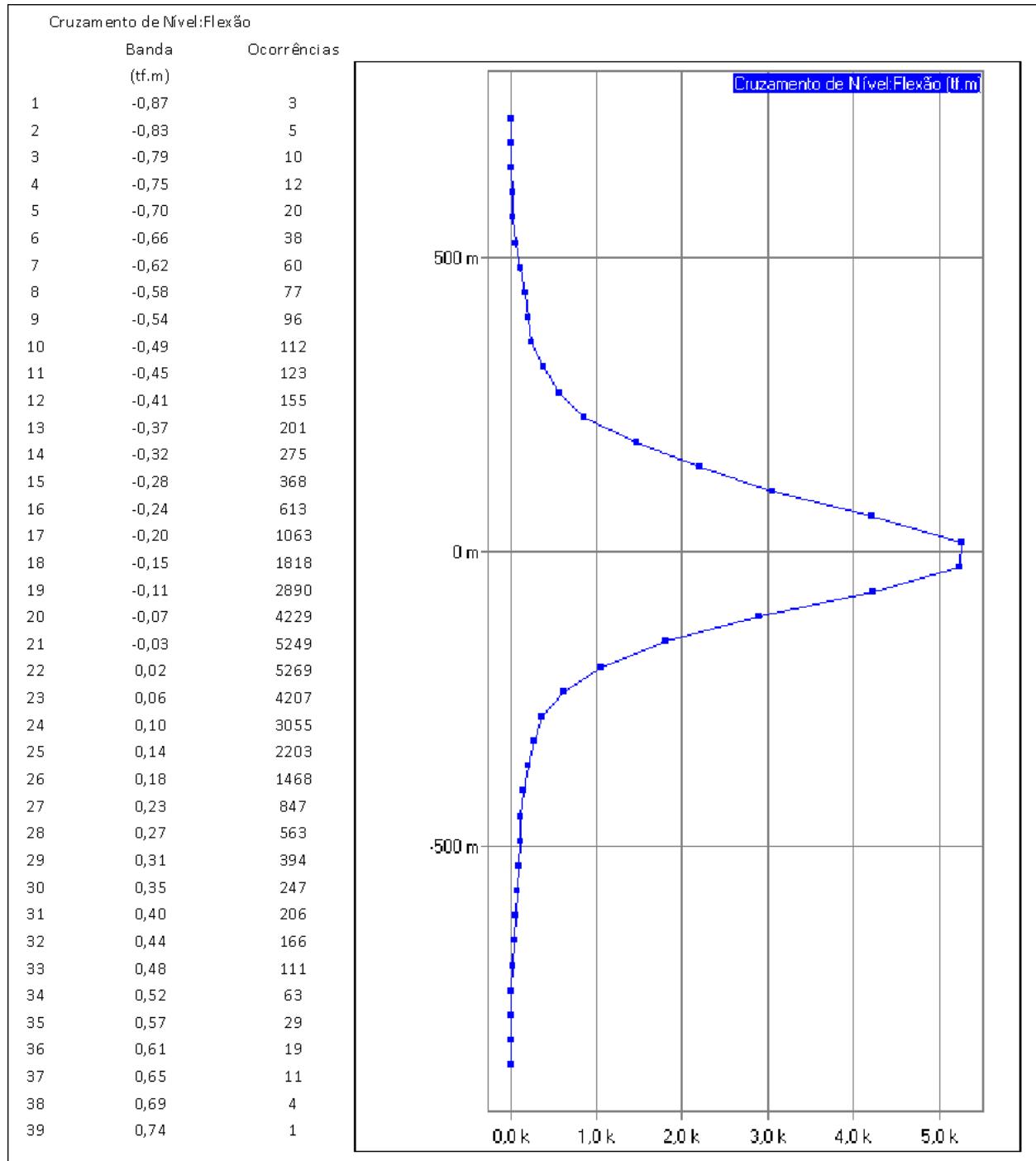
Fonte: IPT

3.3.6.2.2 Vagão ?????, engate F

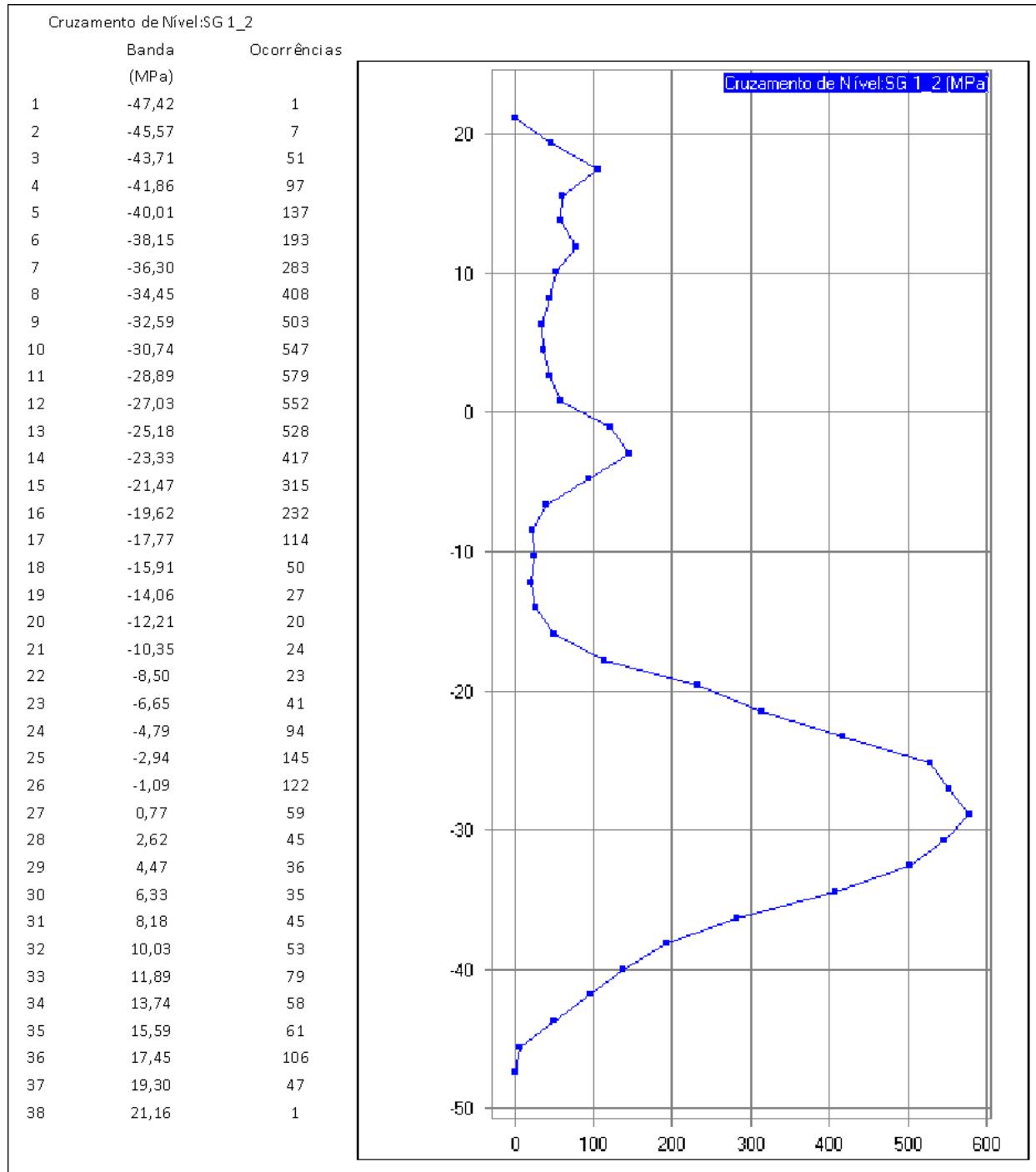
Figura 122 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio



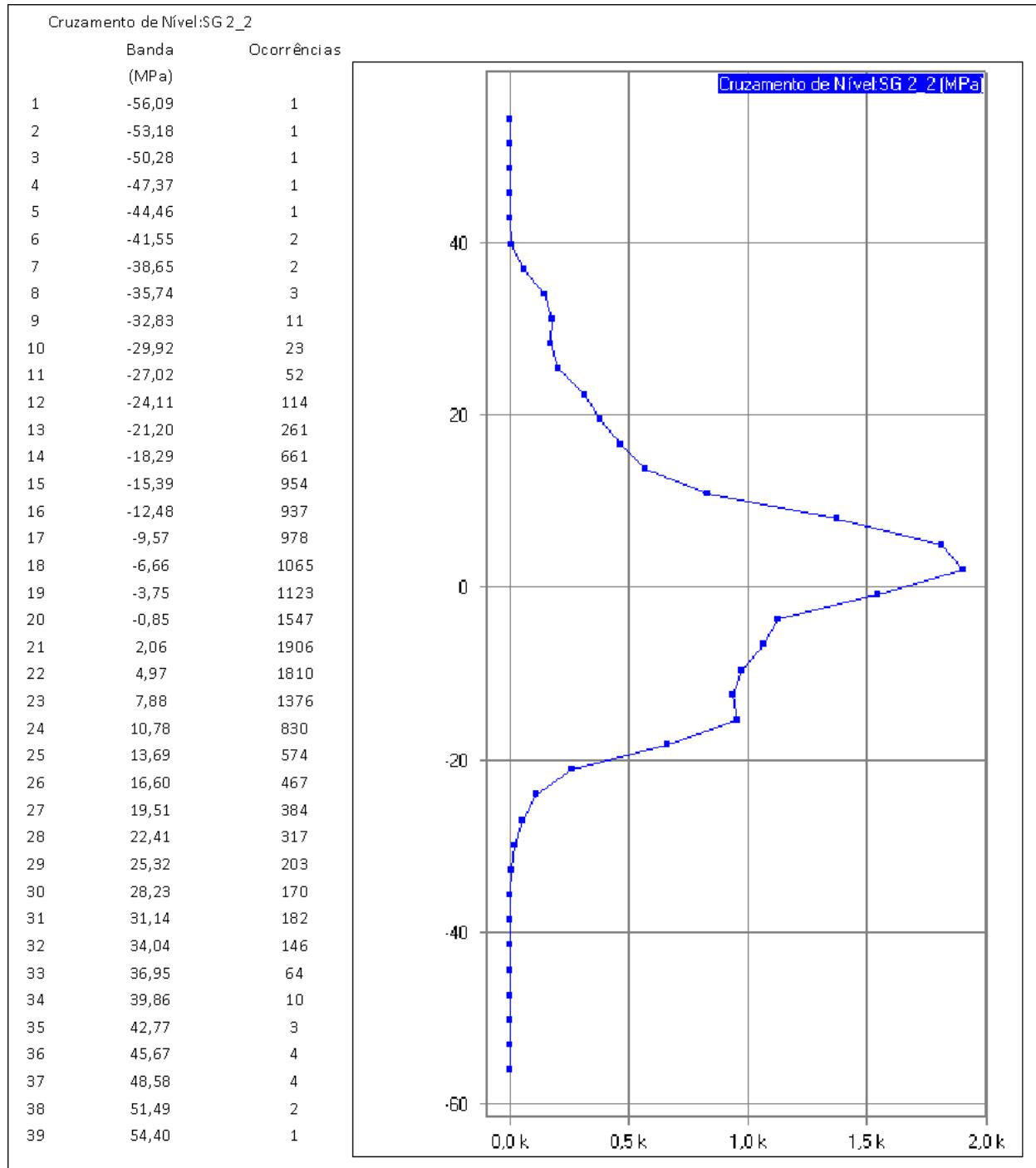
Fonte: IPT

Figura 123 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio


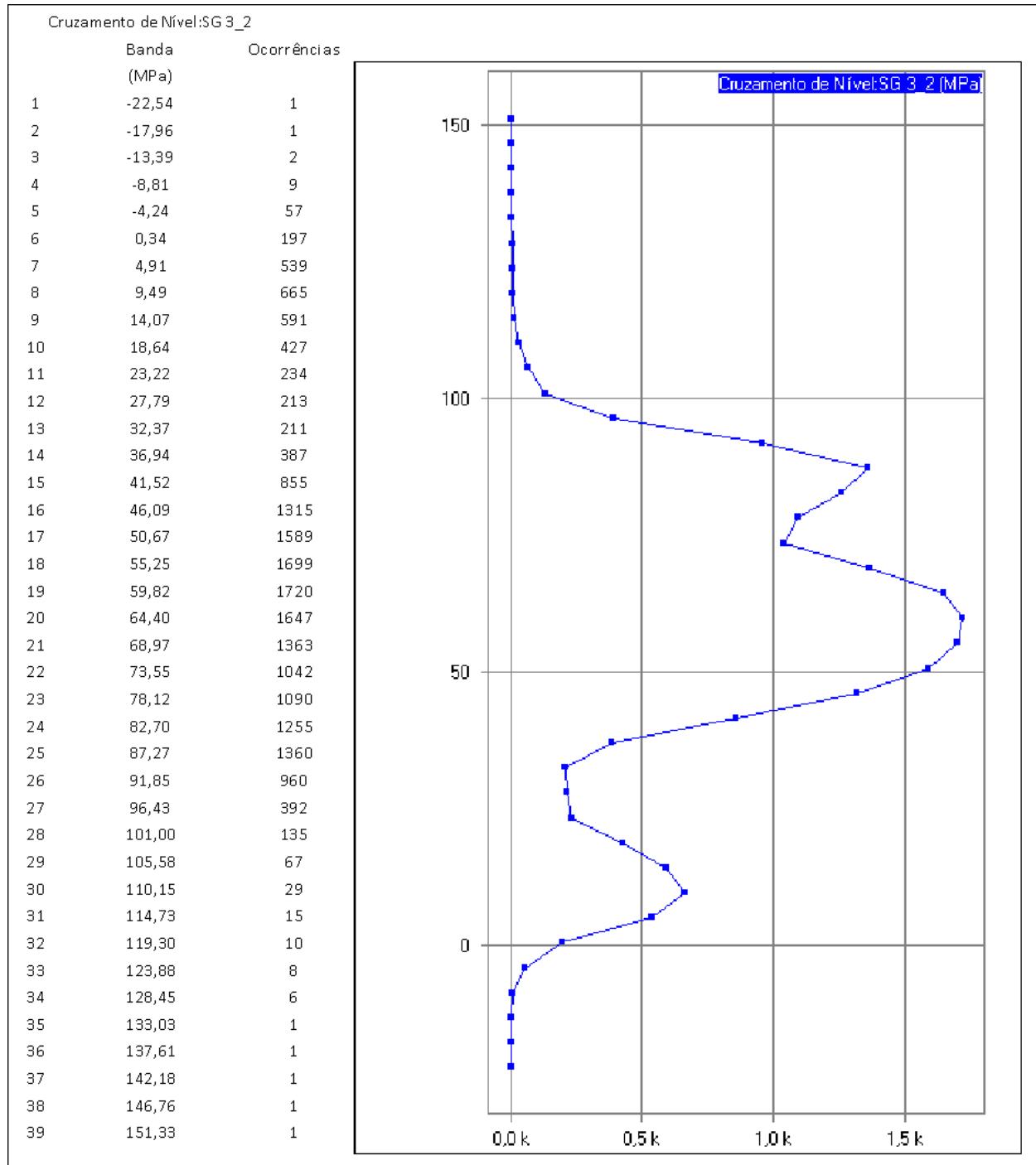
Fonte: IPT

Figura 124 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio


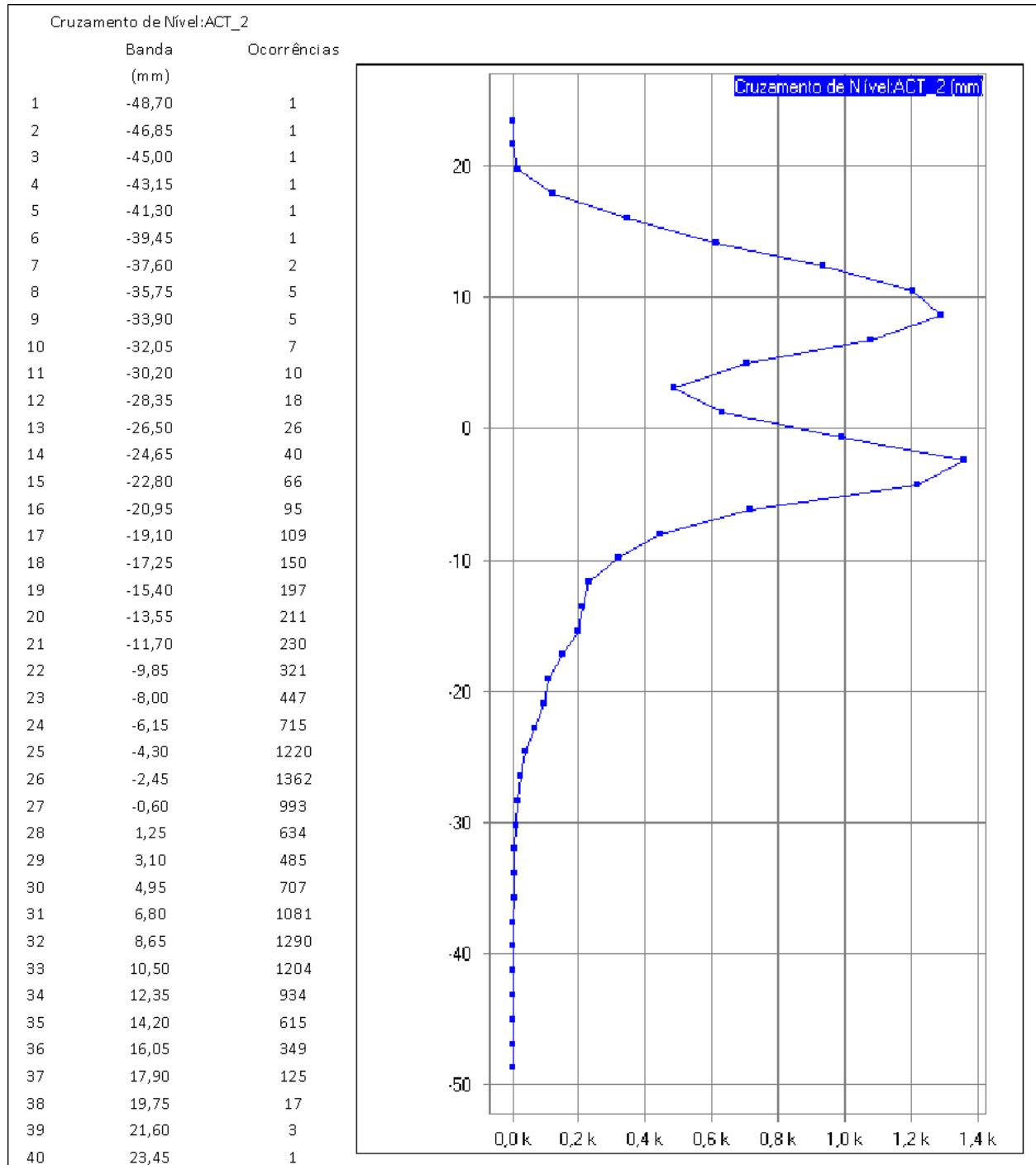
Fonte: IPT

Figura 125 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio


Fonte: IPT

Figura 126 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio


Fonte: IPT

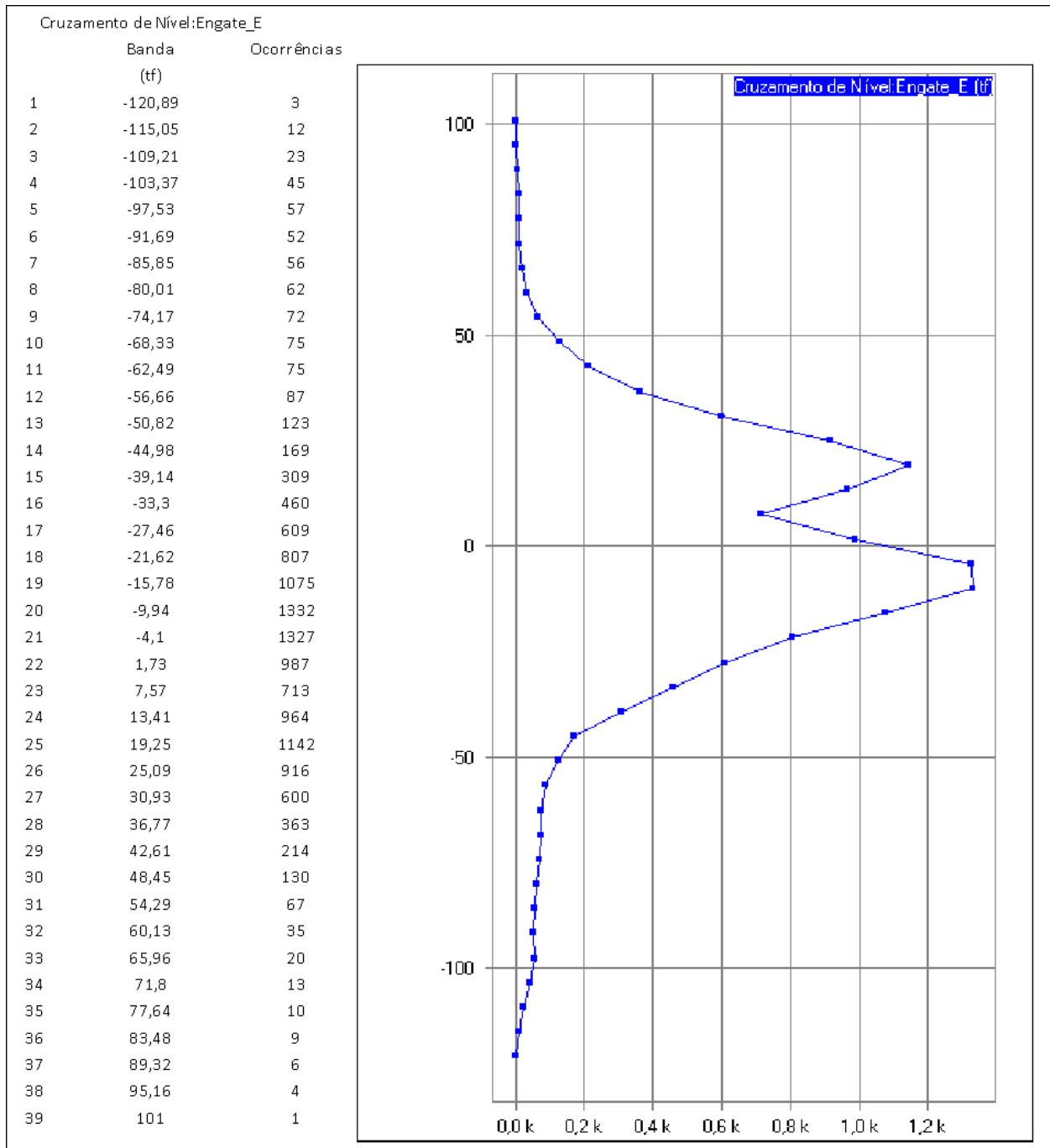
Figura 127 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio


Fonte: IPT

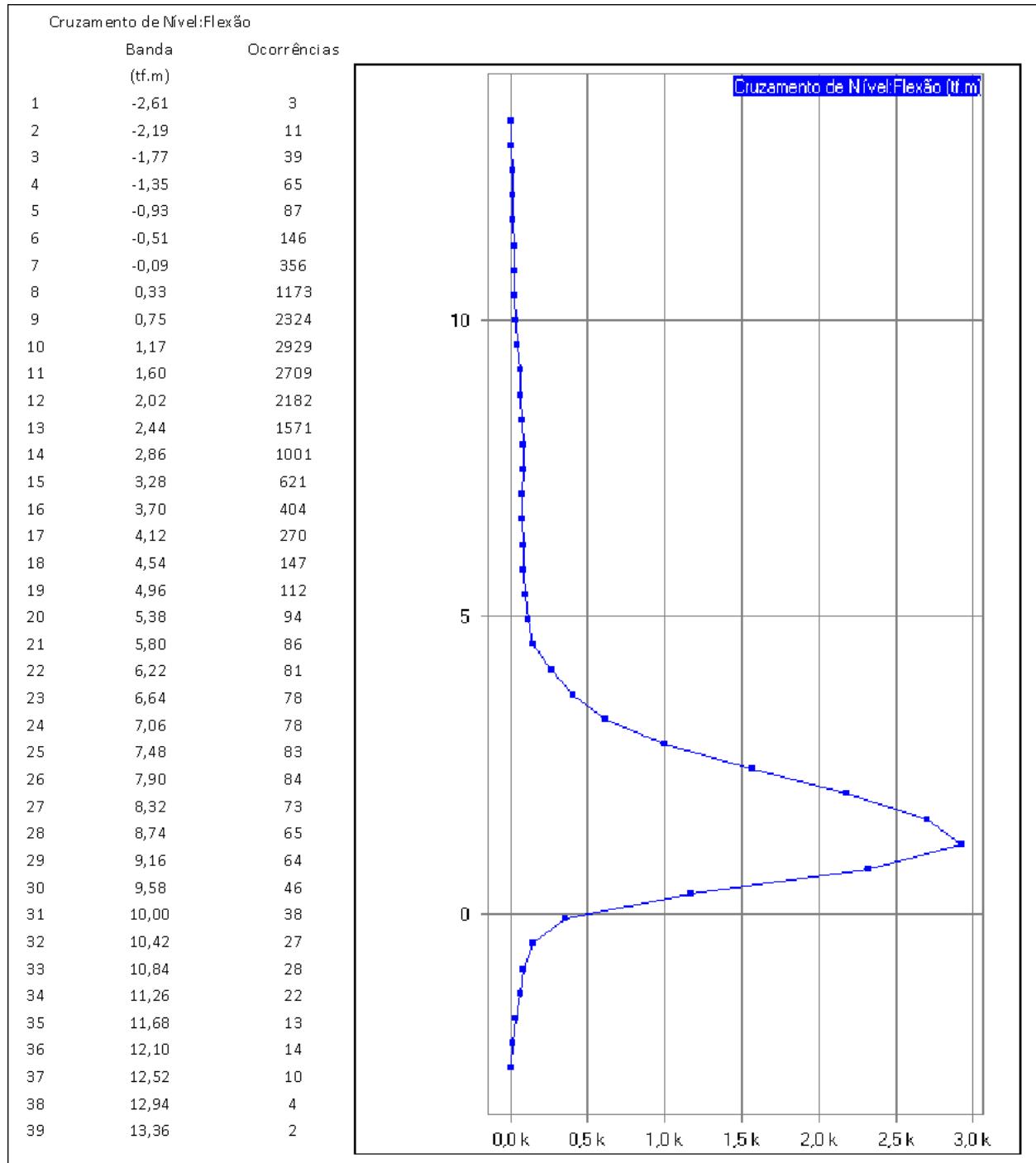
3.3.6.3 Viagem do trem prefixo ??, percurso ?? - PSS, carregado

3.3.6.3.1 Vagão ????, engate E

Figura 128 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

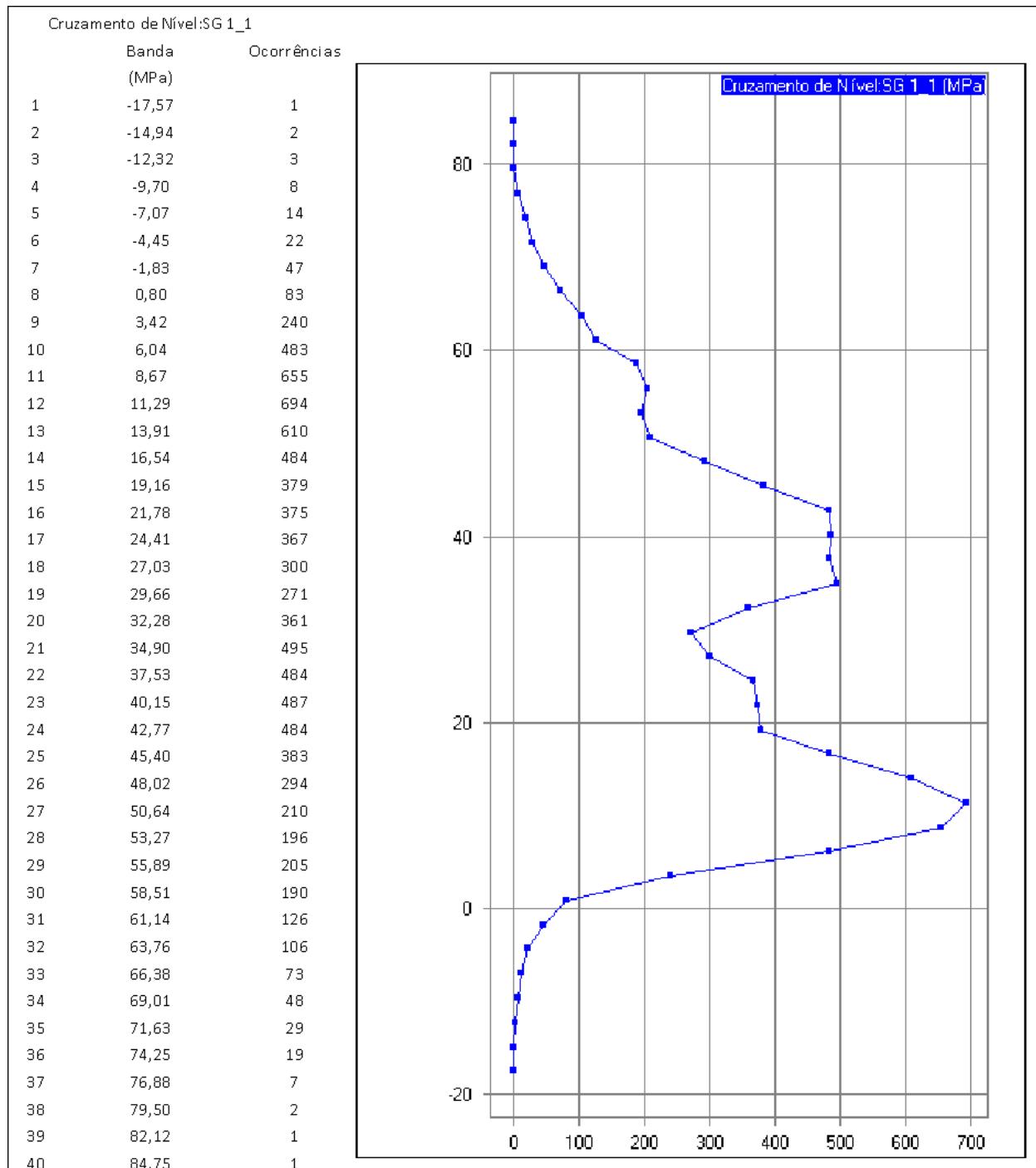


Fonte: IPT

Figura 129 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado


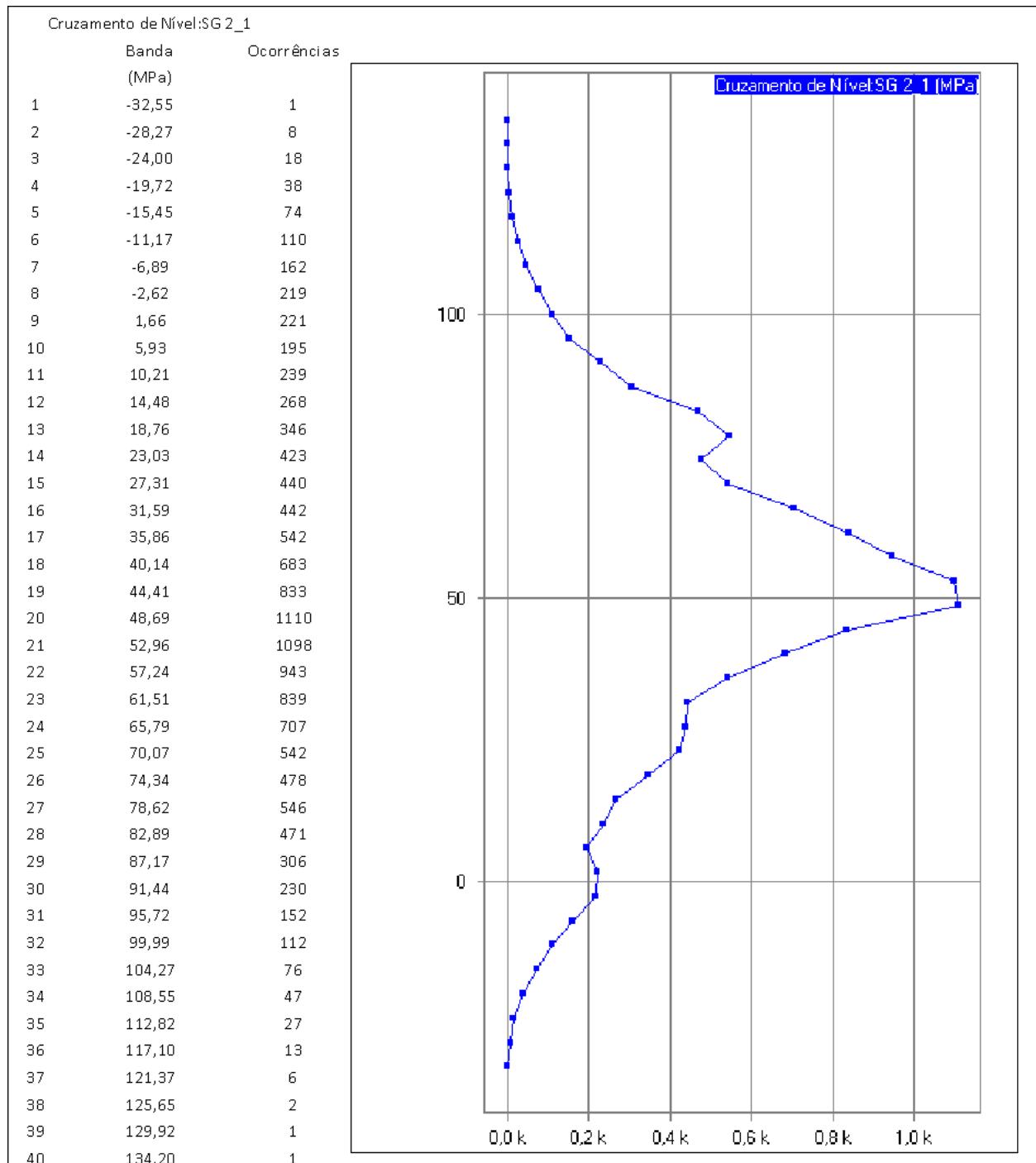
Fonte: IPT

Figura 130 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado



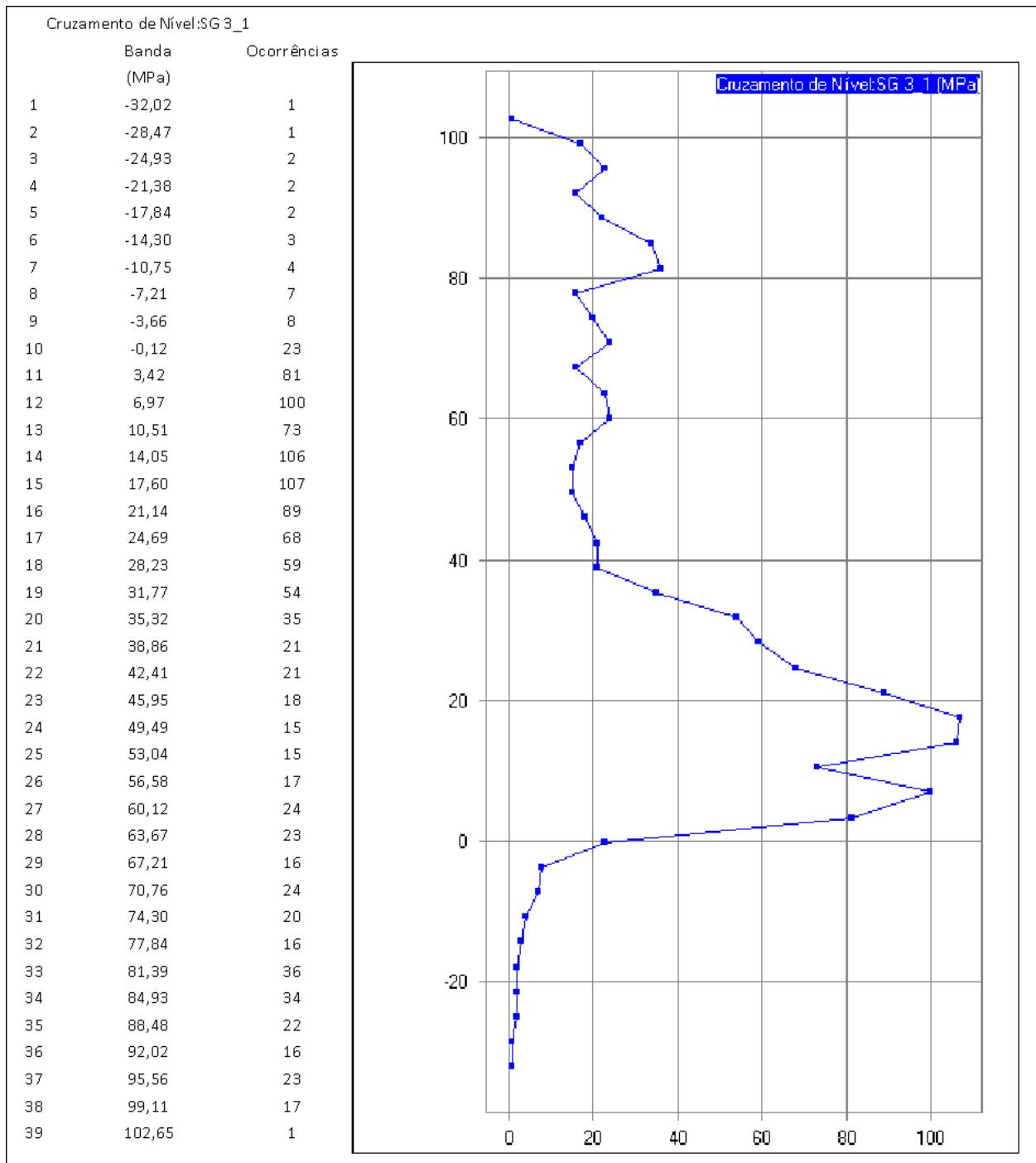
Fonte: IPT

Figura 131 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

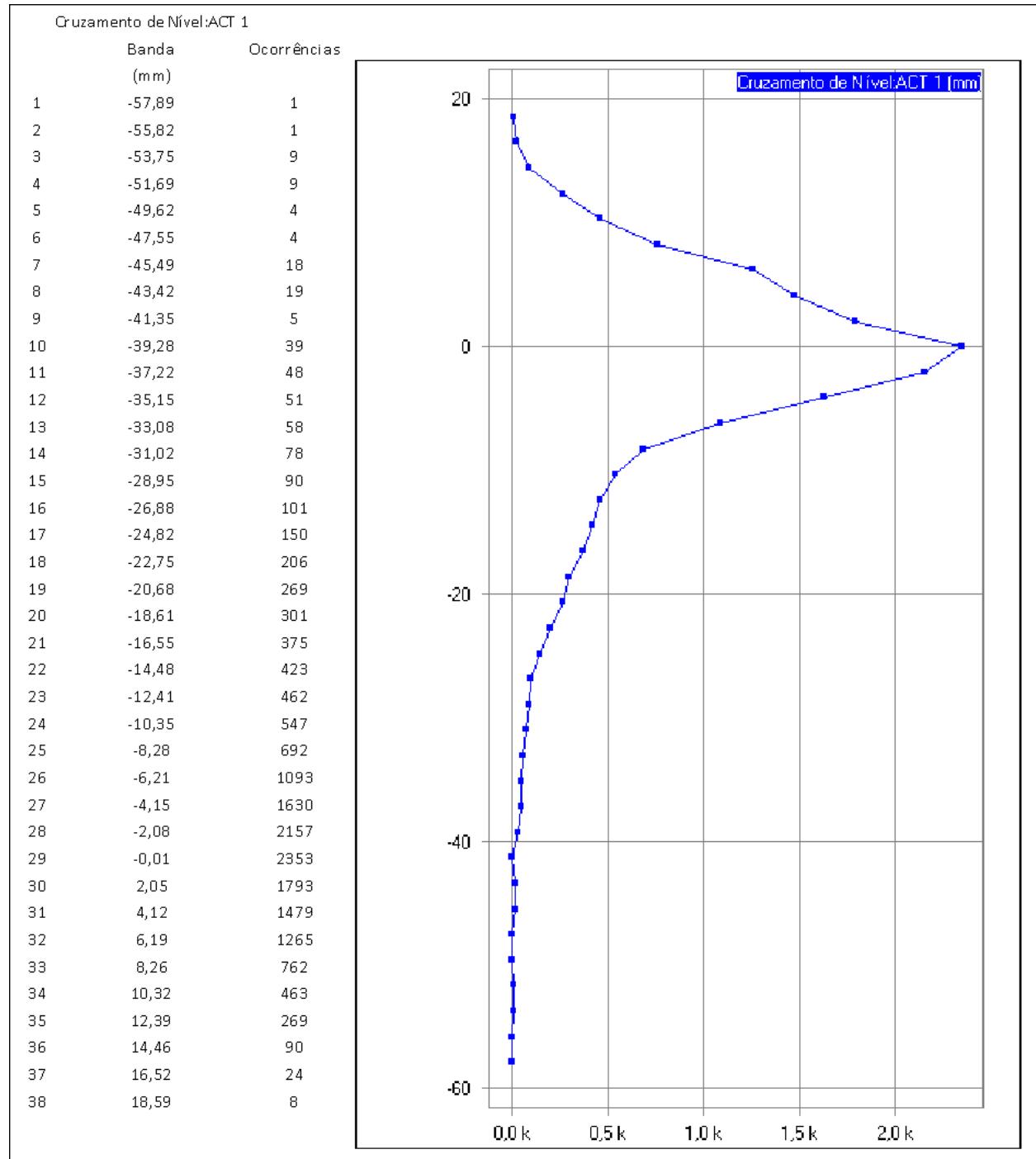


Fonte: IPT

Figura 132 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado



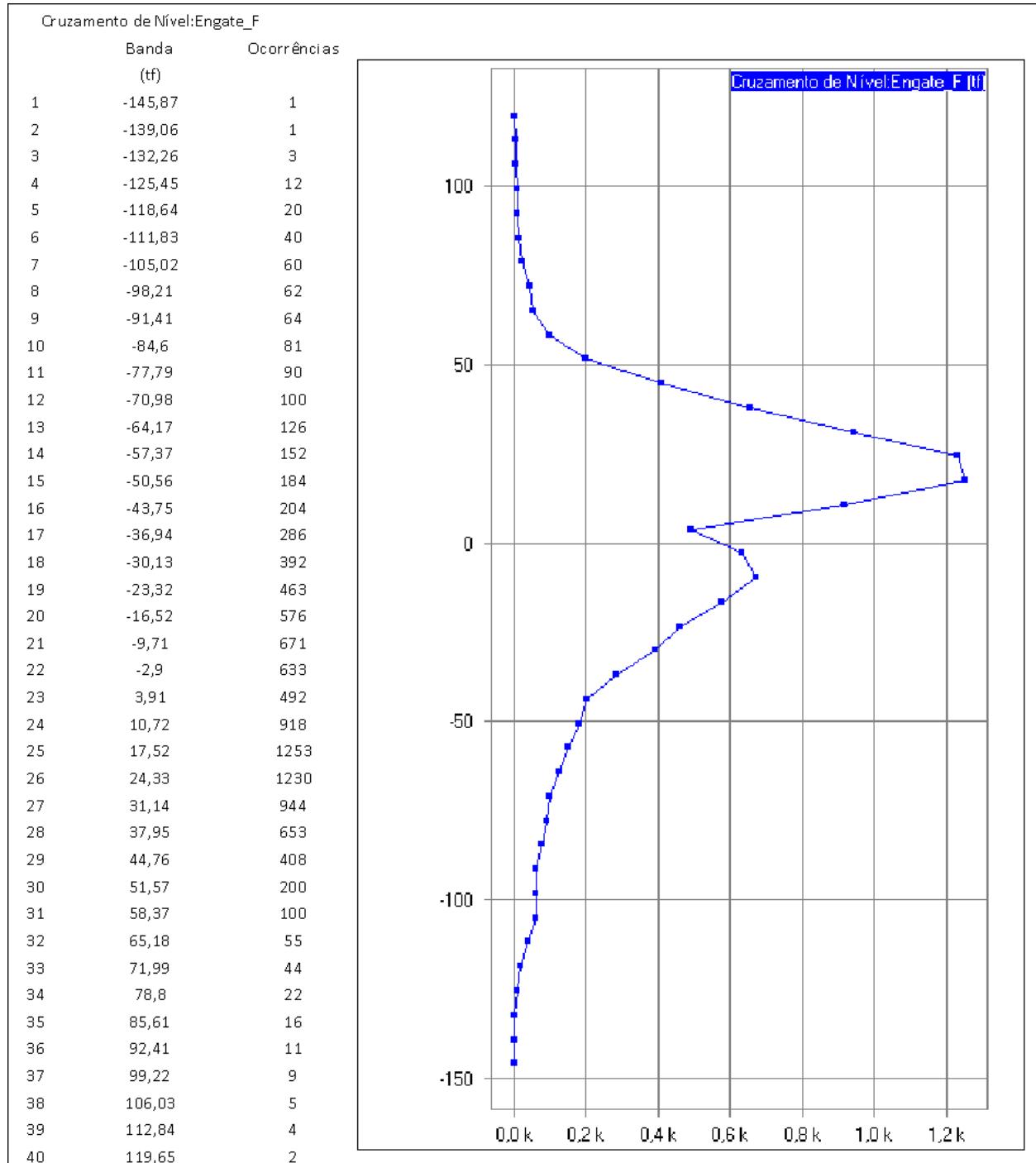
Fonte: IPT

Figura 133 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado


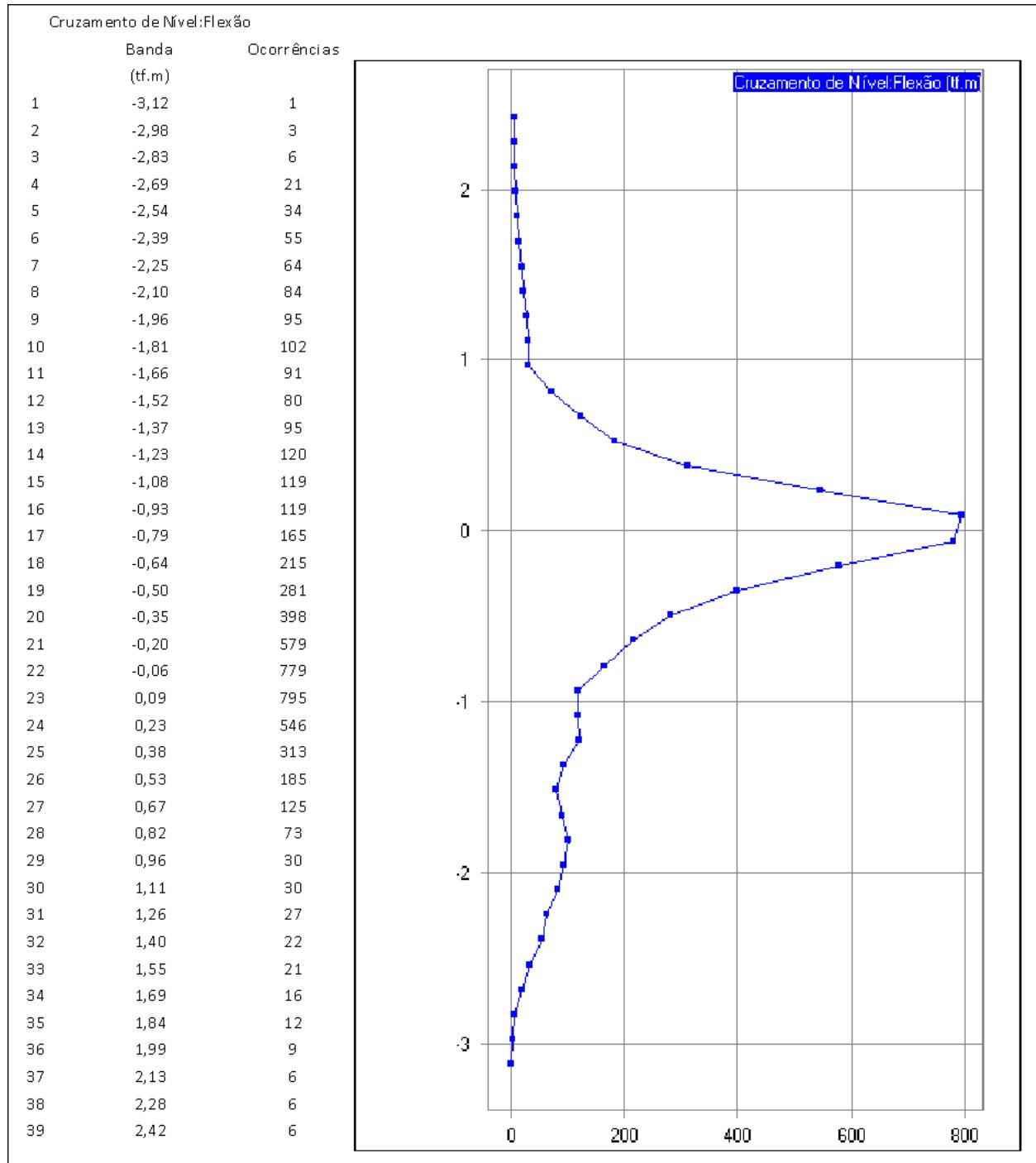
Fonte: IPT

3.3.6.3.2 Vagão ?????, engate F

Figura 134 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

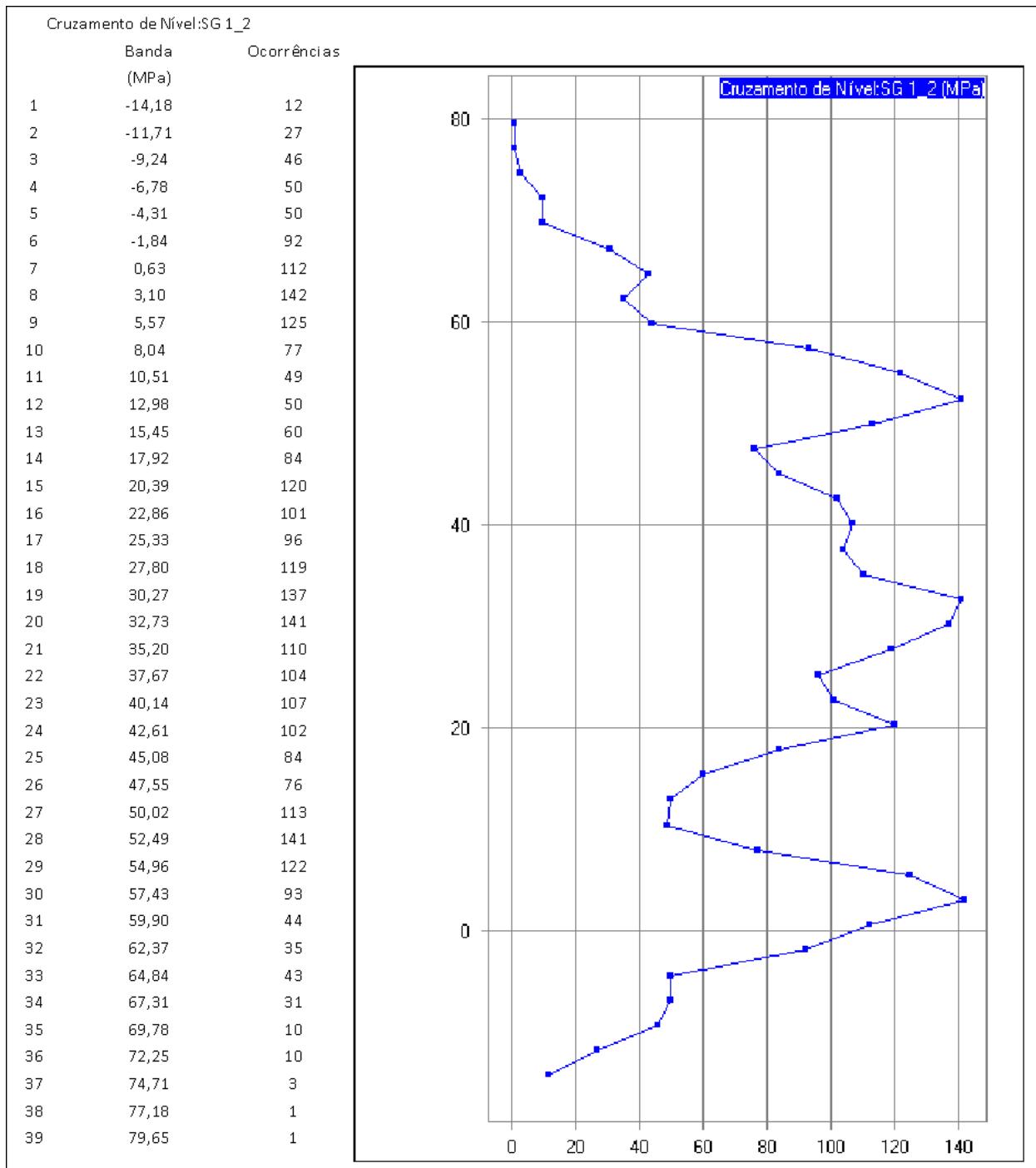


Fonte: IPT

Figura 135 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado


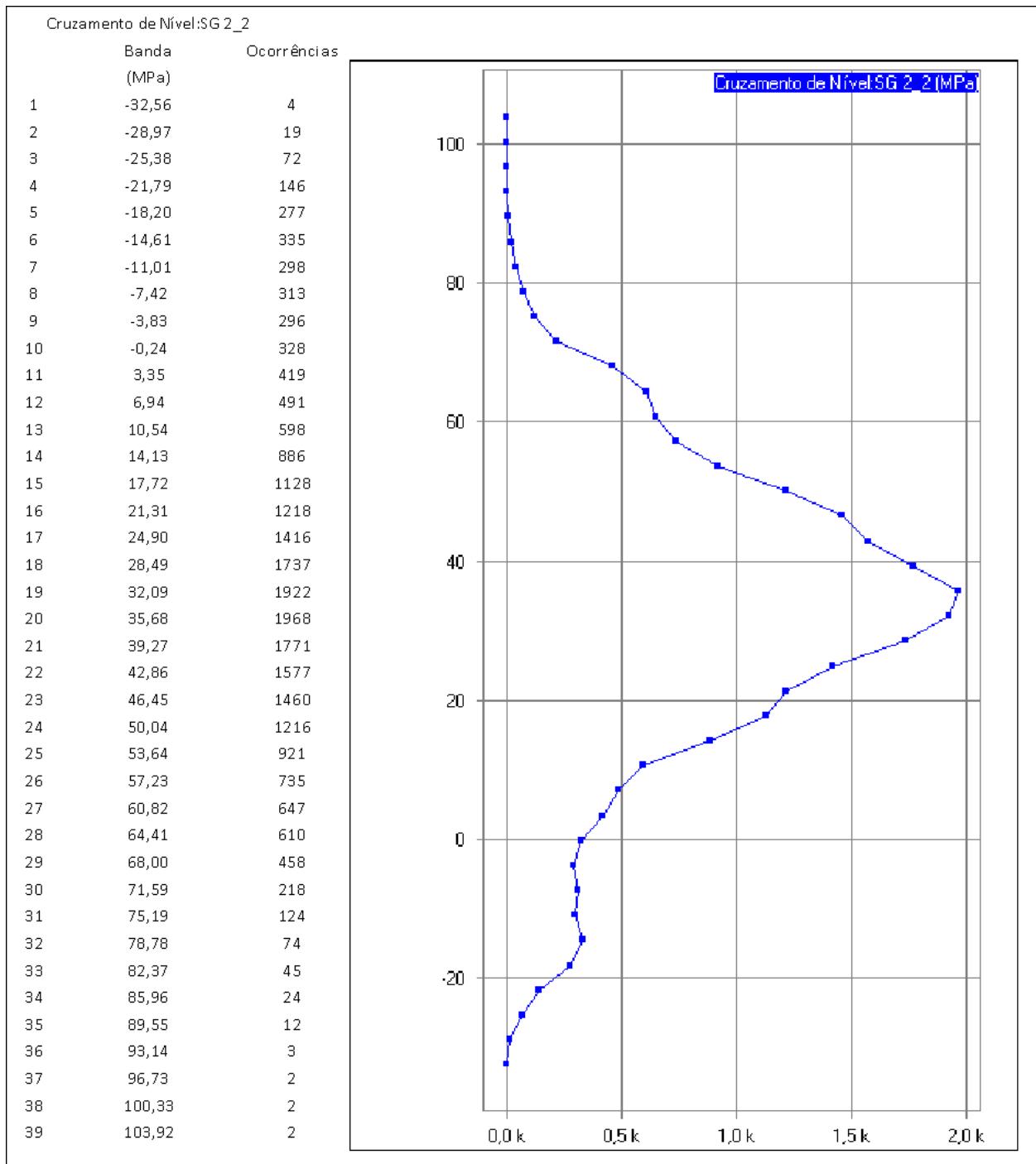
Fonte: IPT

Figura 136 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado



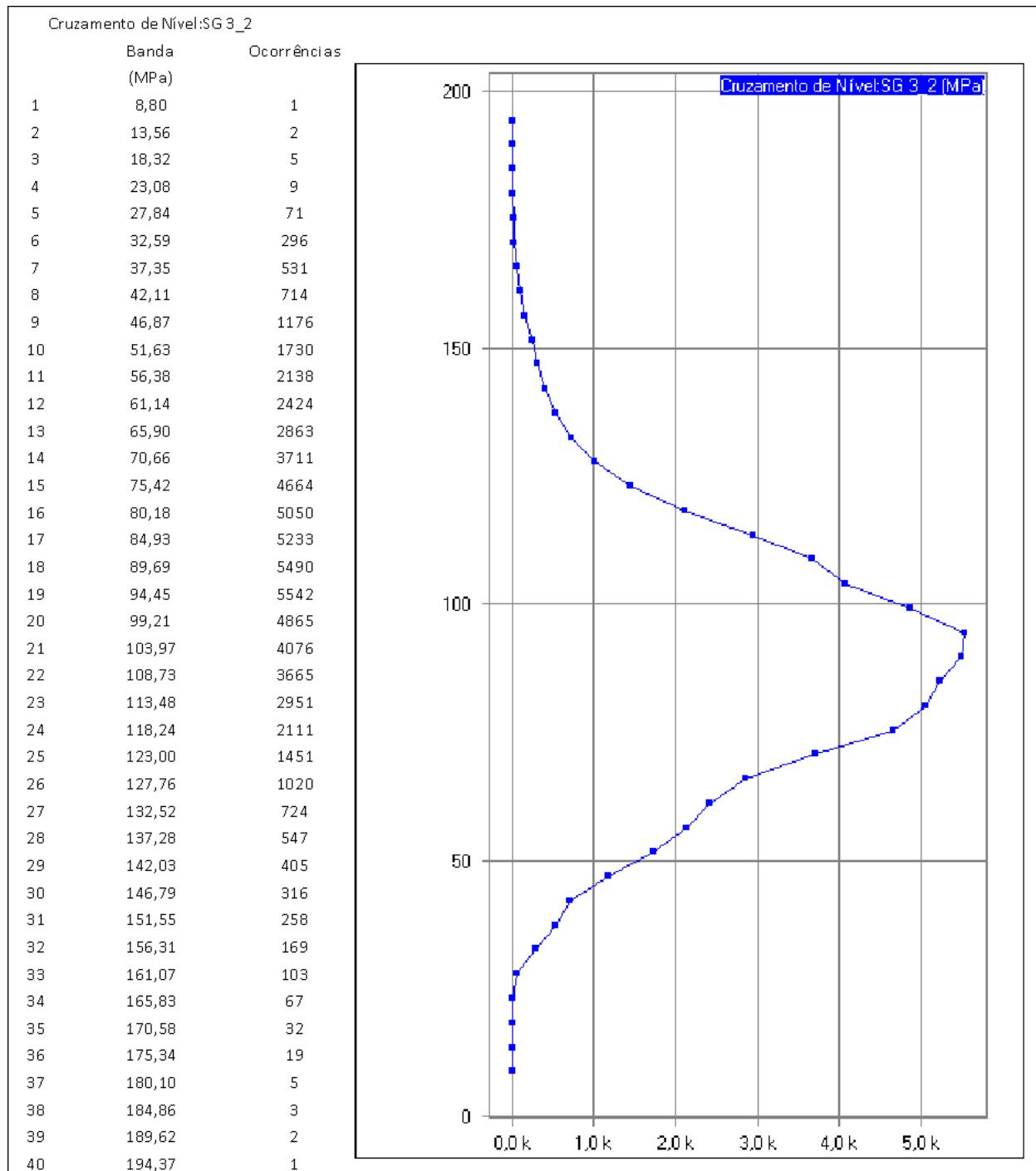
Fonte: IPT

Figura 137 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

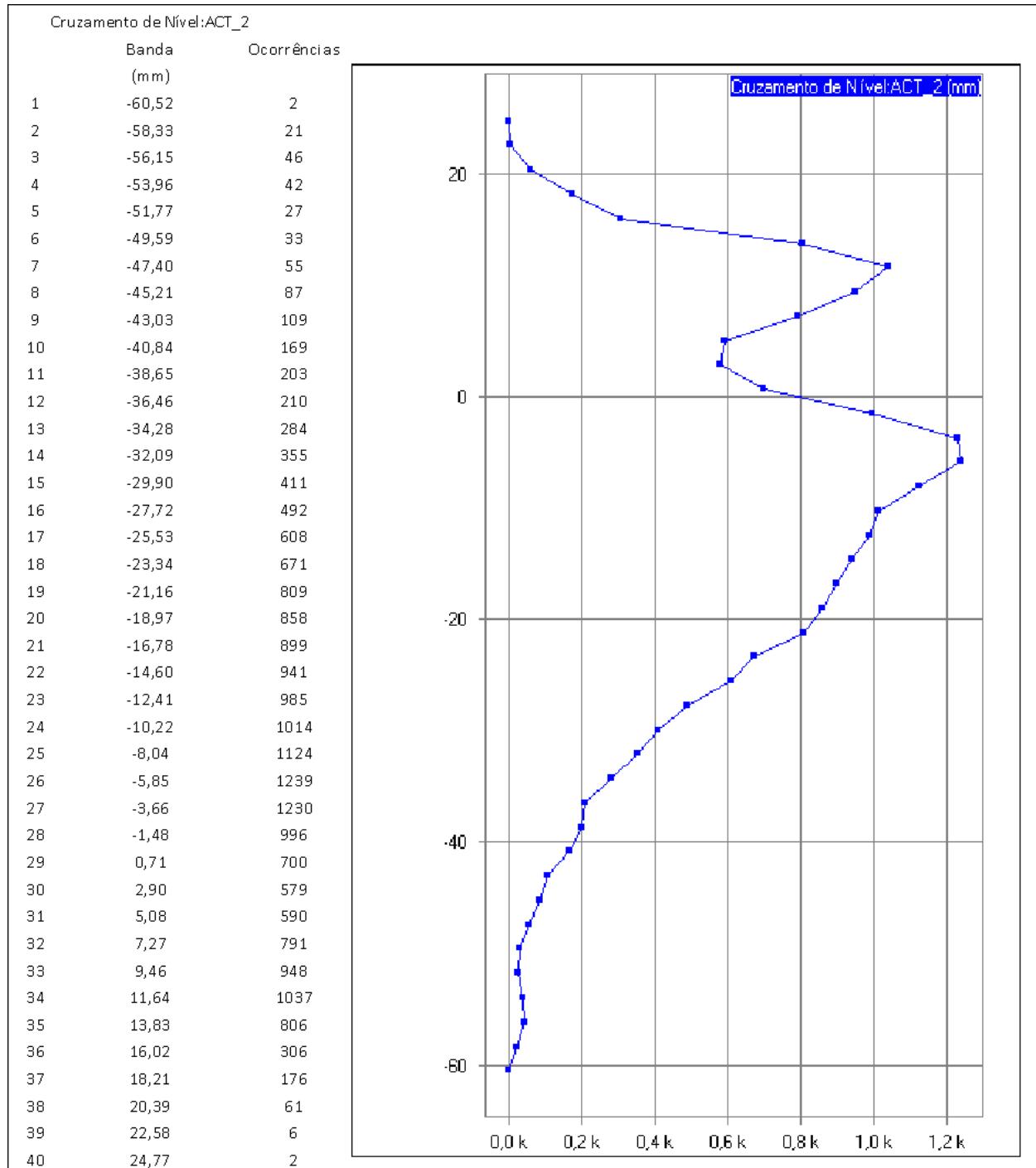


Fonte: IPT

Figura 138 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado



Fonte: IPT

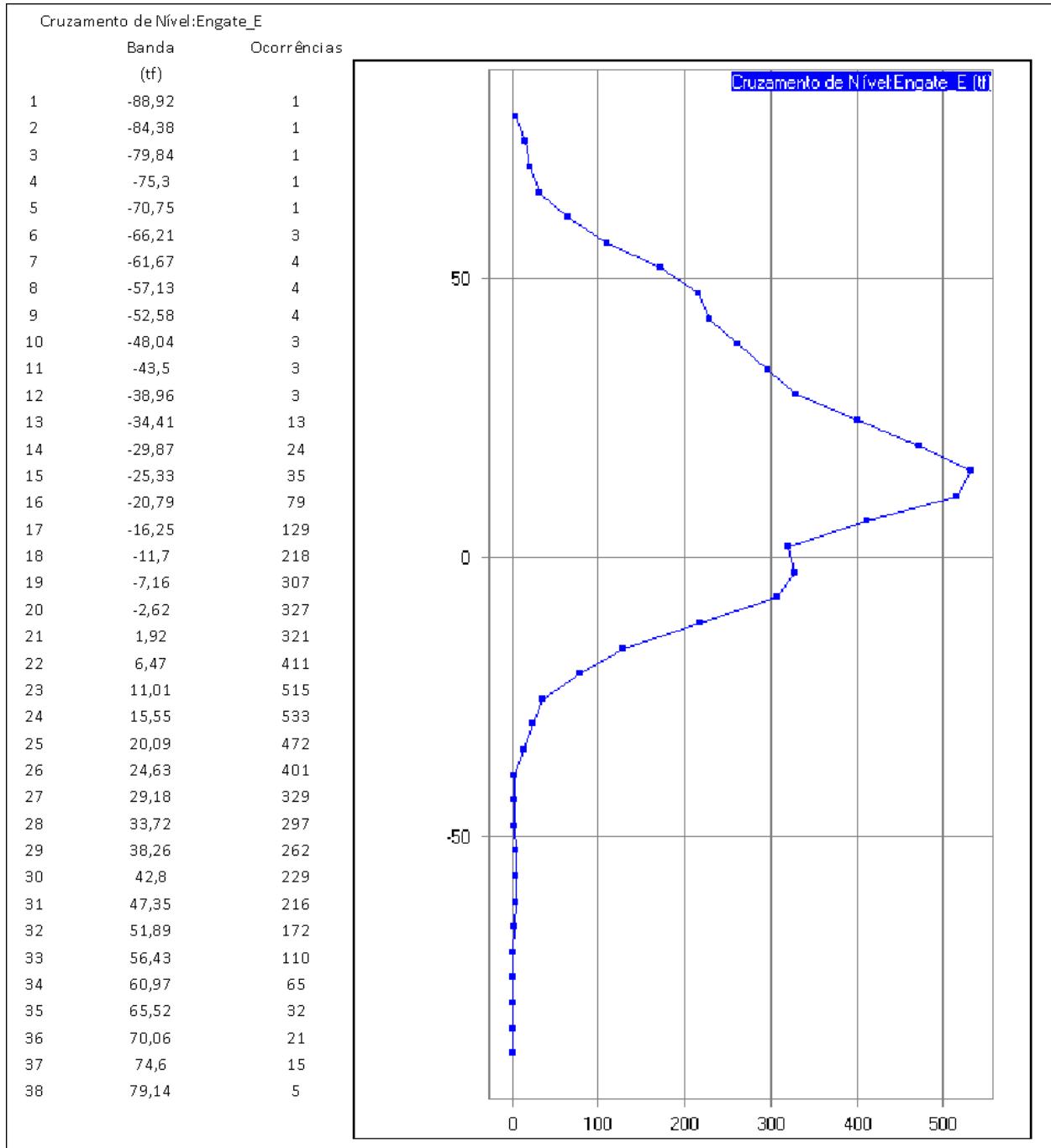
Figura 139 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado


Fonte: IPT

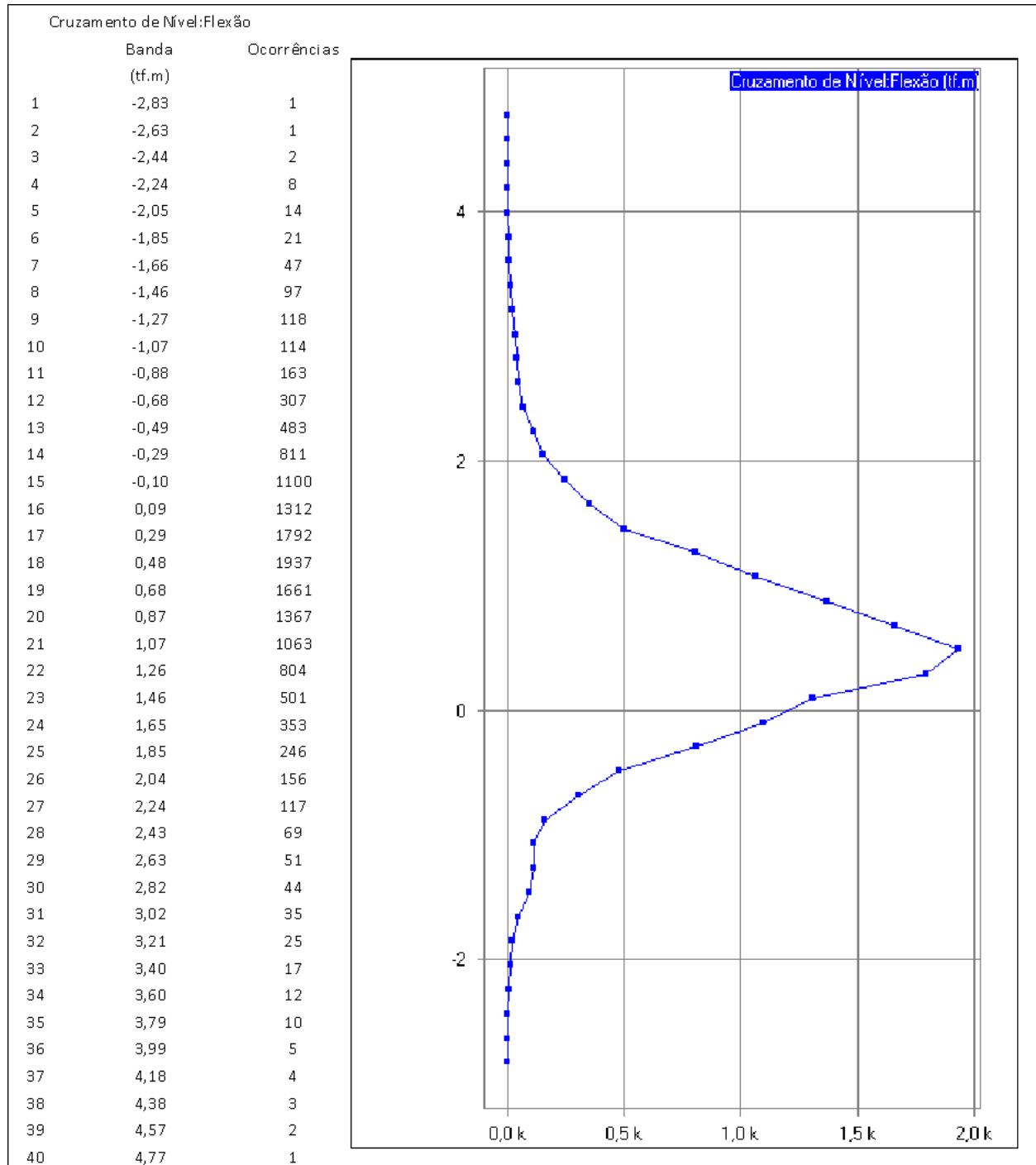
3.3.6.4 Viagem do trem prefixo ??, percurso PCZ - TRO, vazio

3.3.6.4.1 Vagão ????, engate E

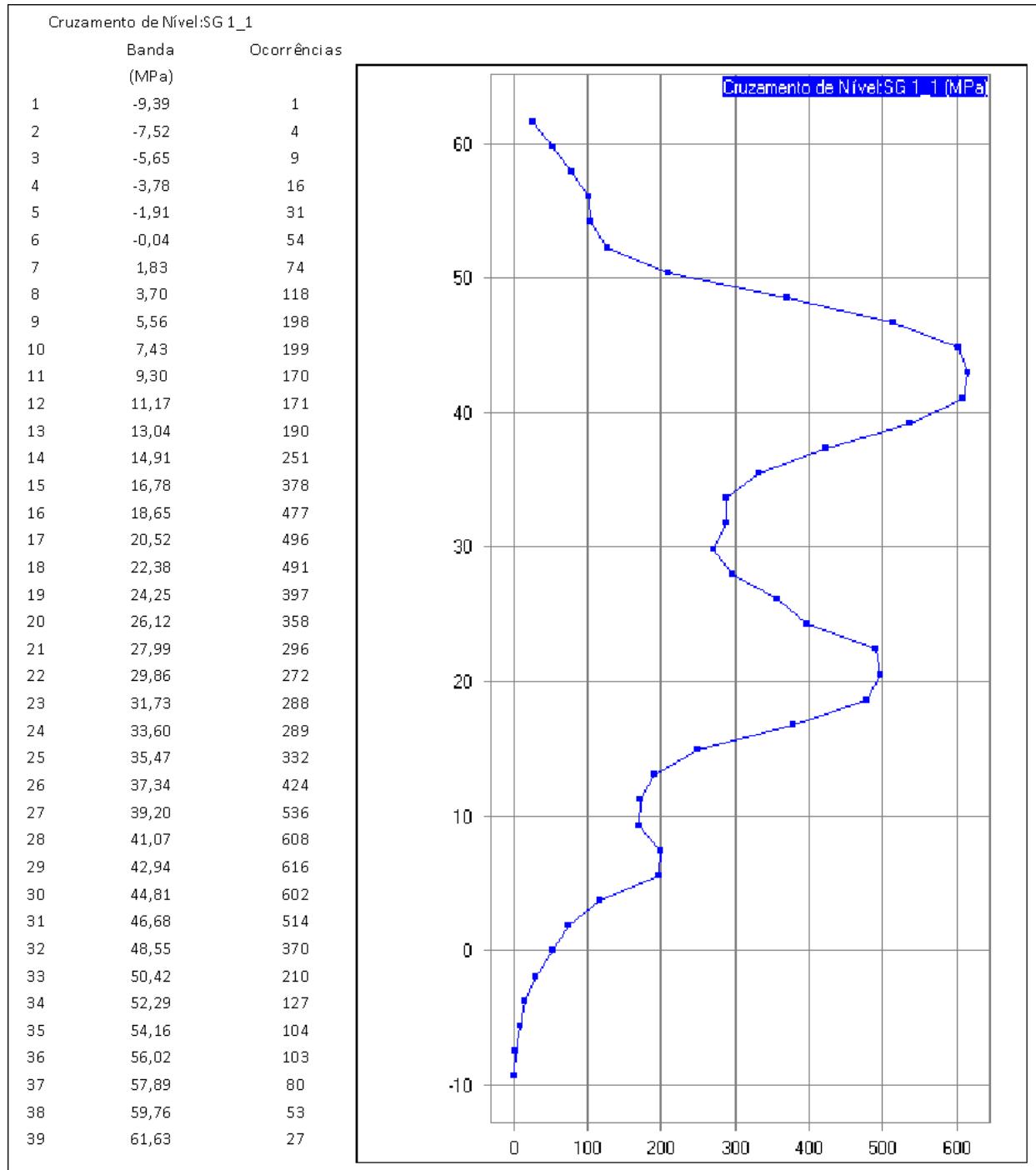
Figura 140 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio



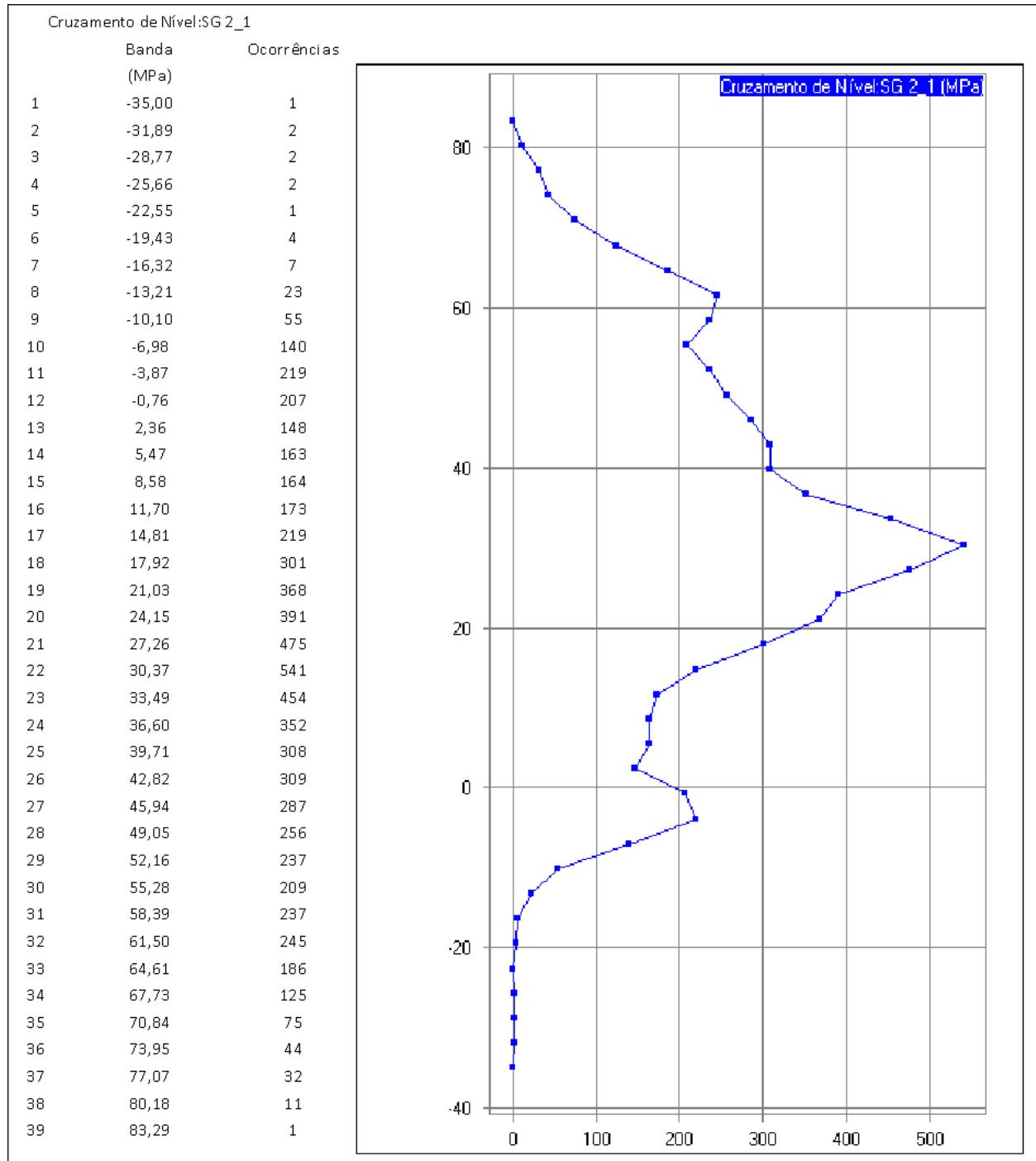
Fonte: IPT

Figura 141 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio


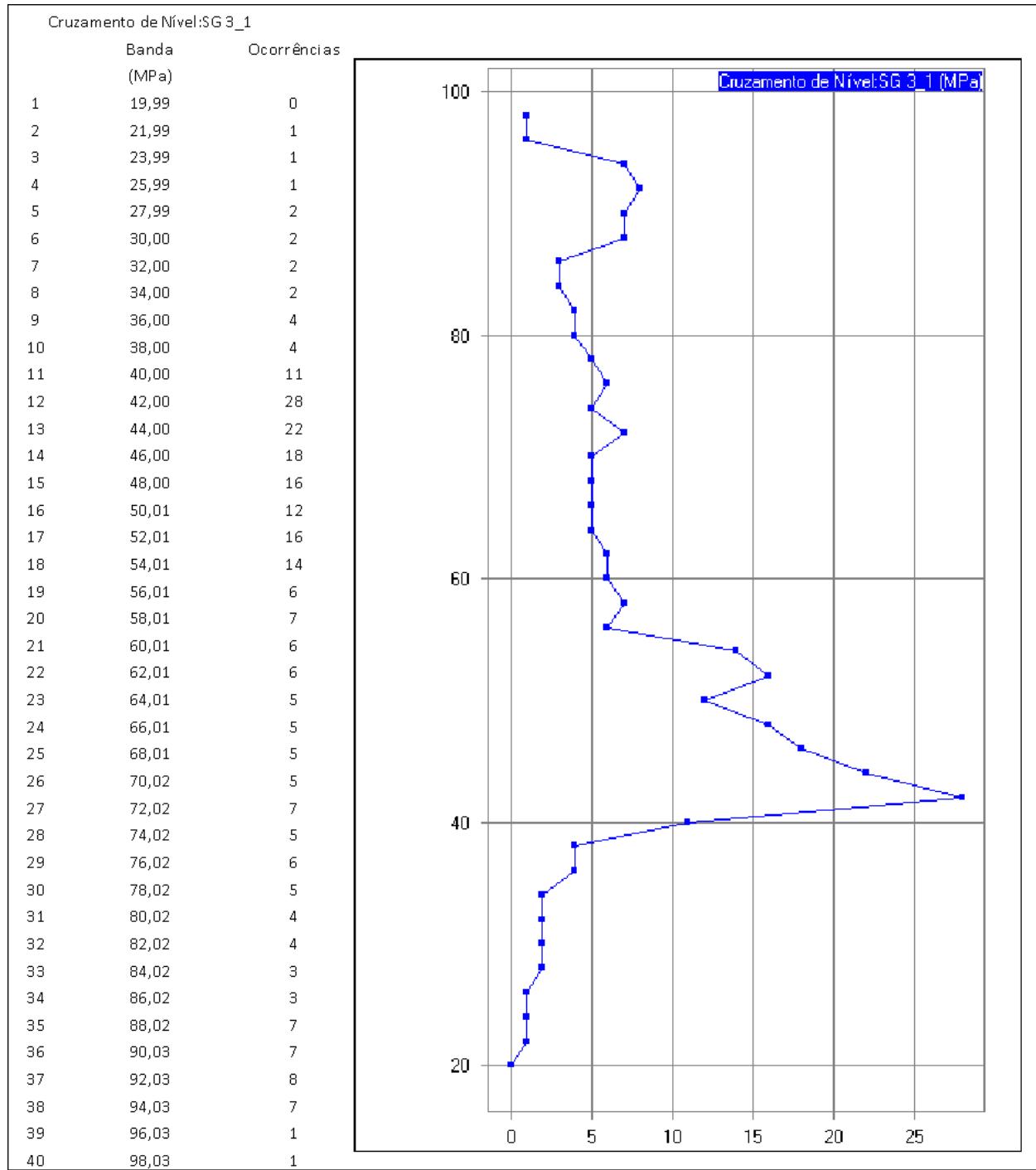
Fonte: IPT

Figura 142 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio


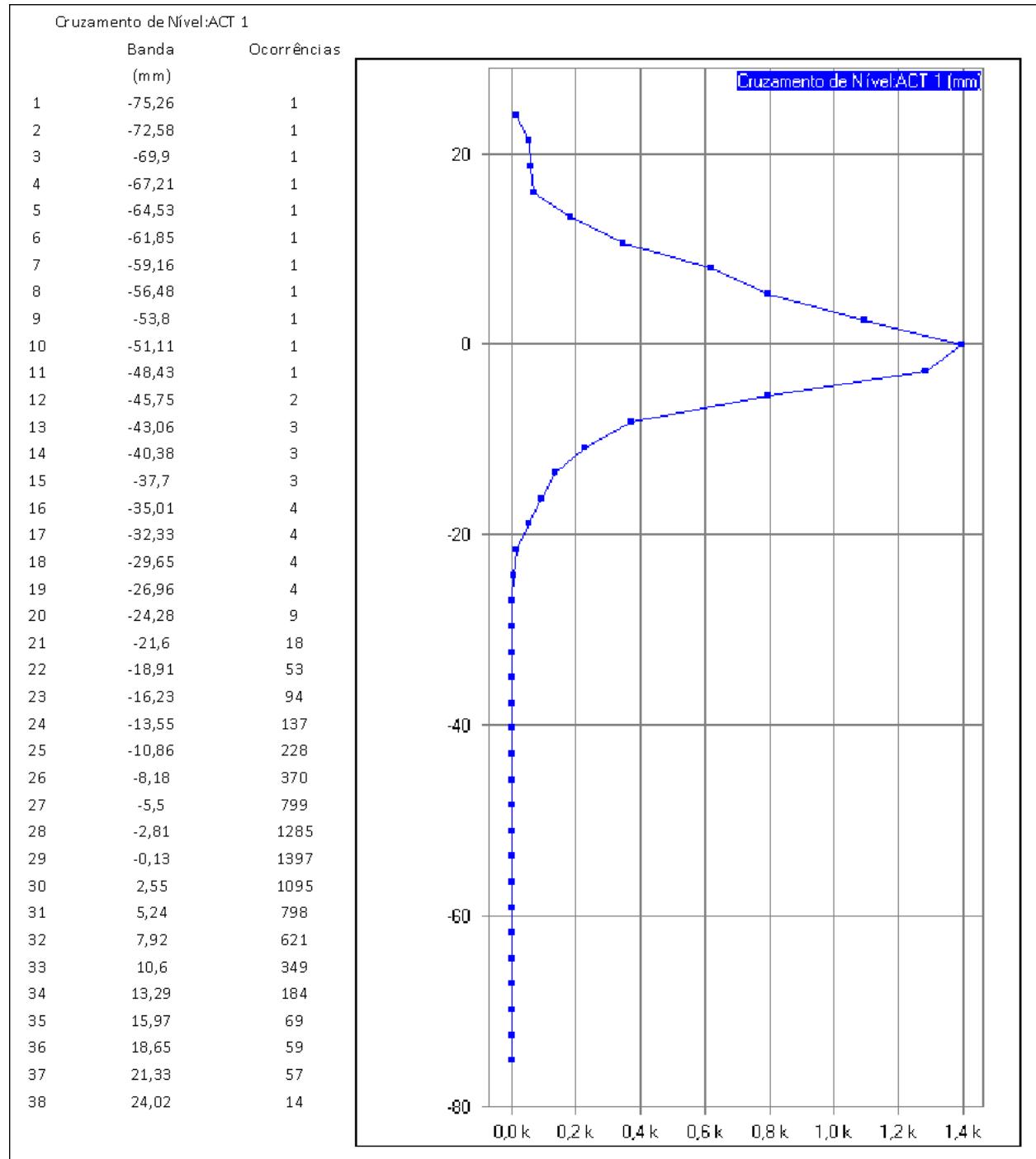
Fonte: IPT

Figura 143 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio


Fonte: IPT

Figura 144 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio


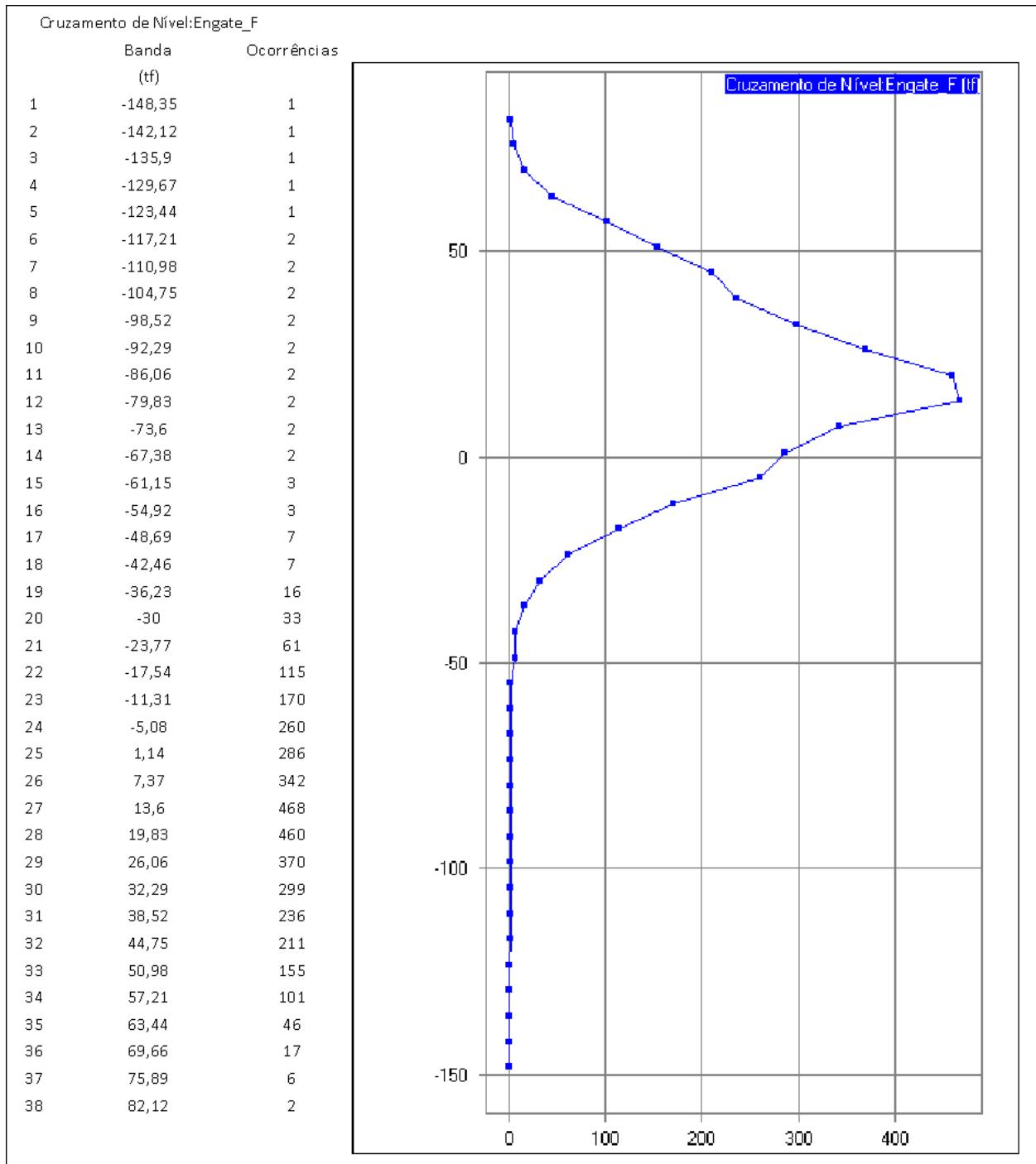
Fonte: IPT

Figura 145 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio


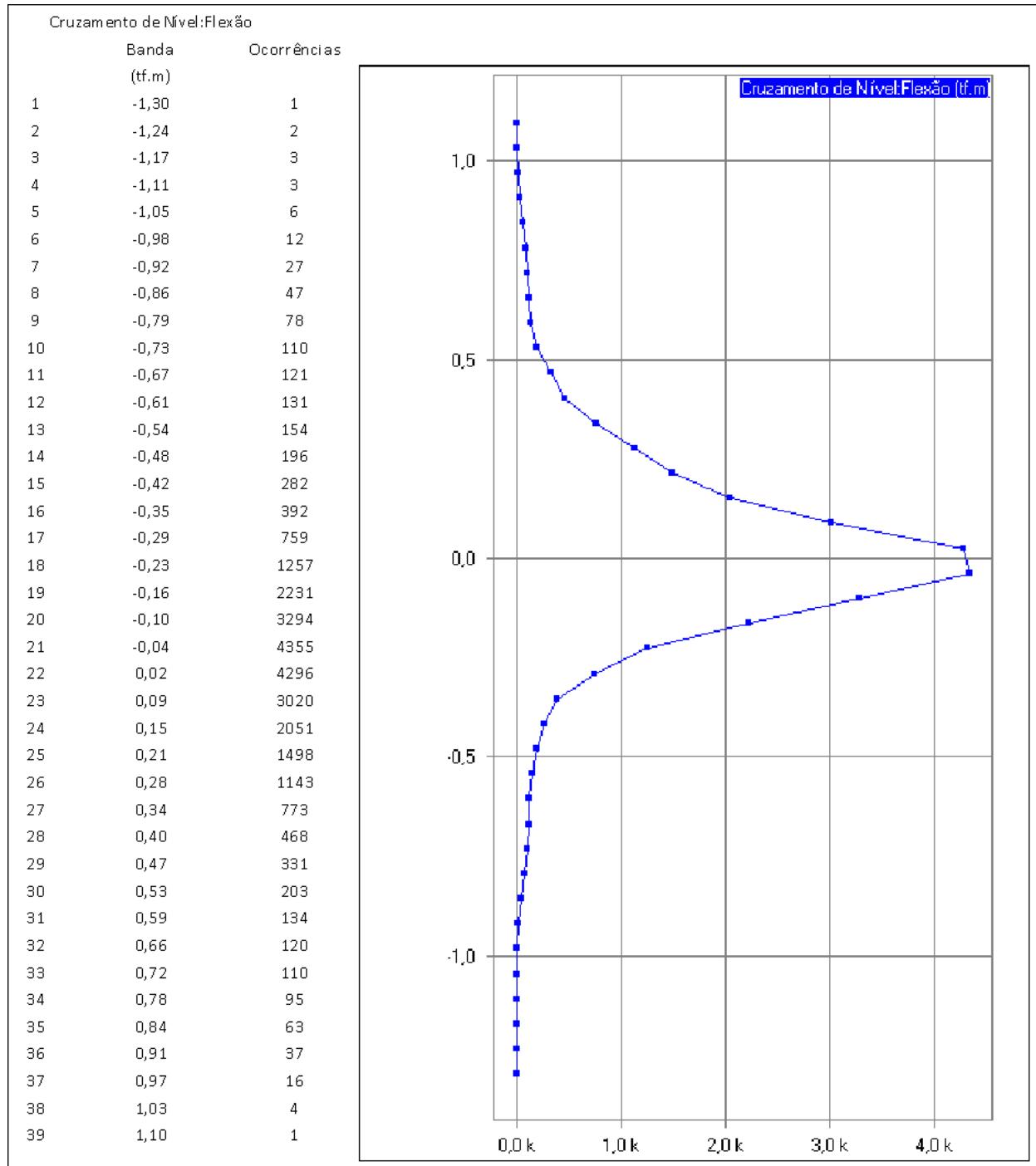
Fonte: IPT

3.3.6.4.2 Vagão ?????, engate F

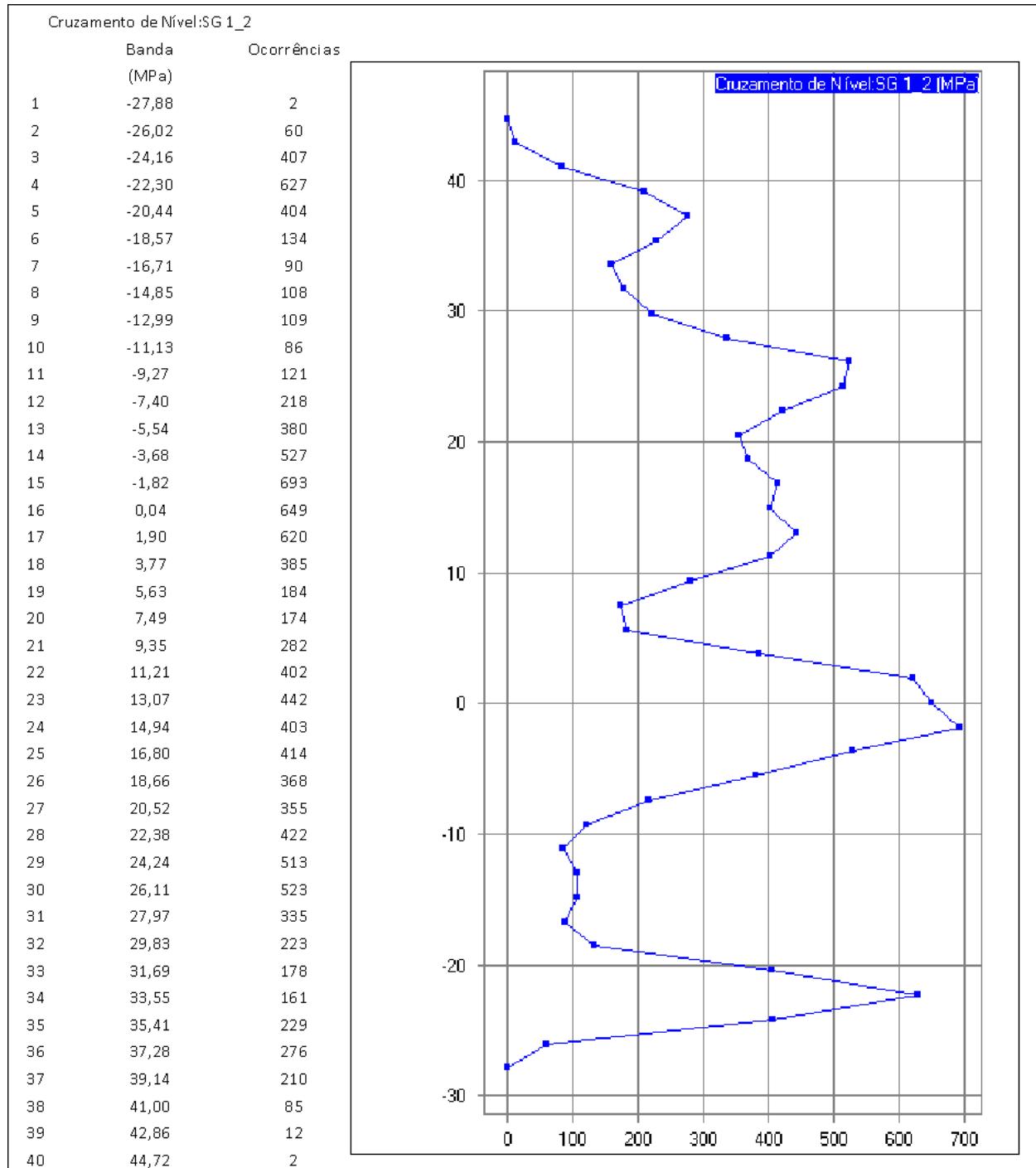
Figura 146 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio



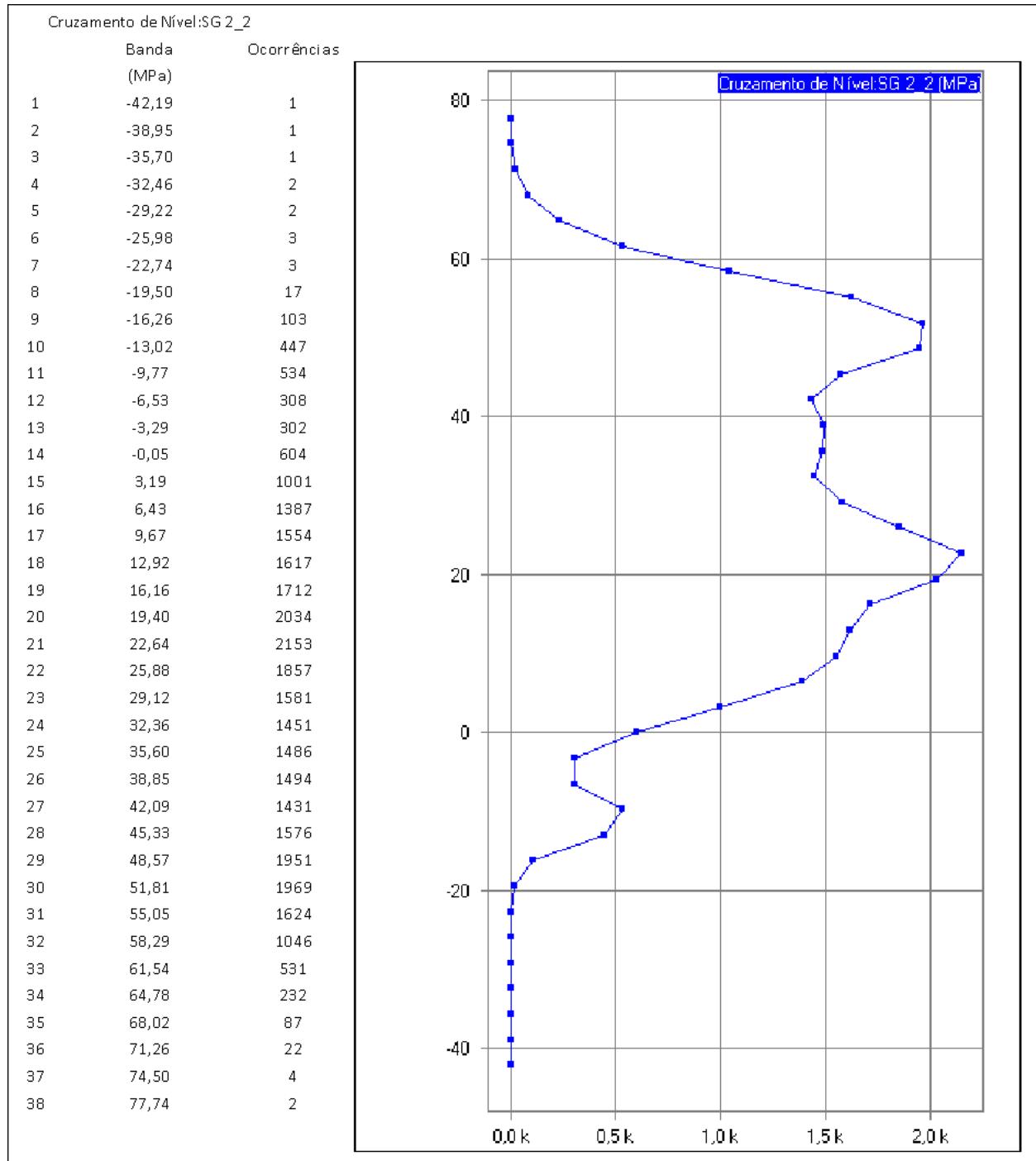
Fonte: IPT

Figura 147 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio


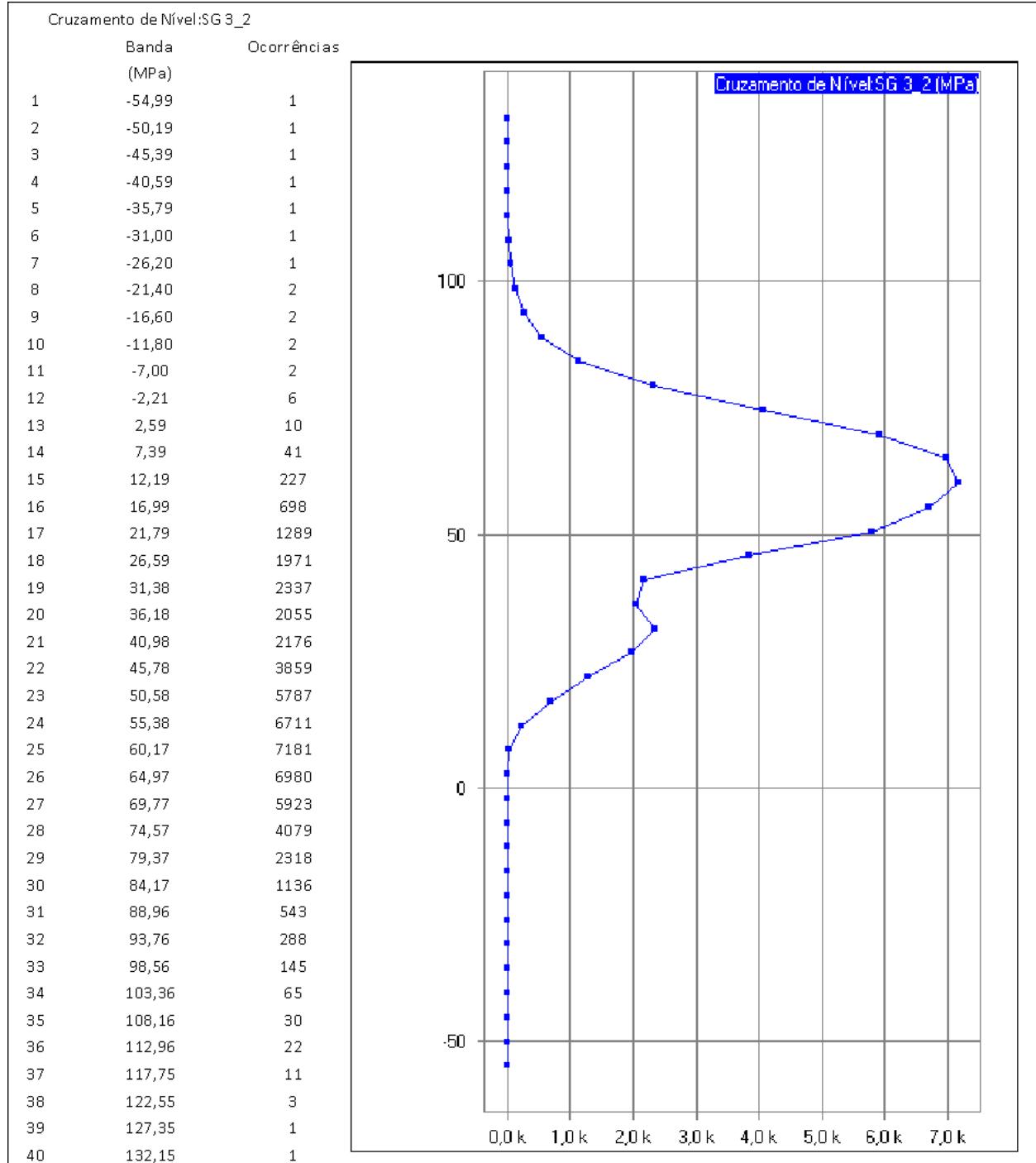
Fonte: IPT

Figura 148 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio


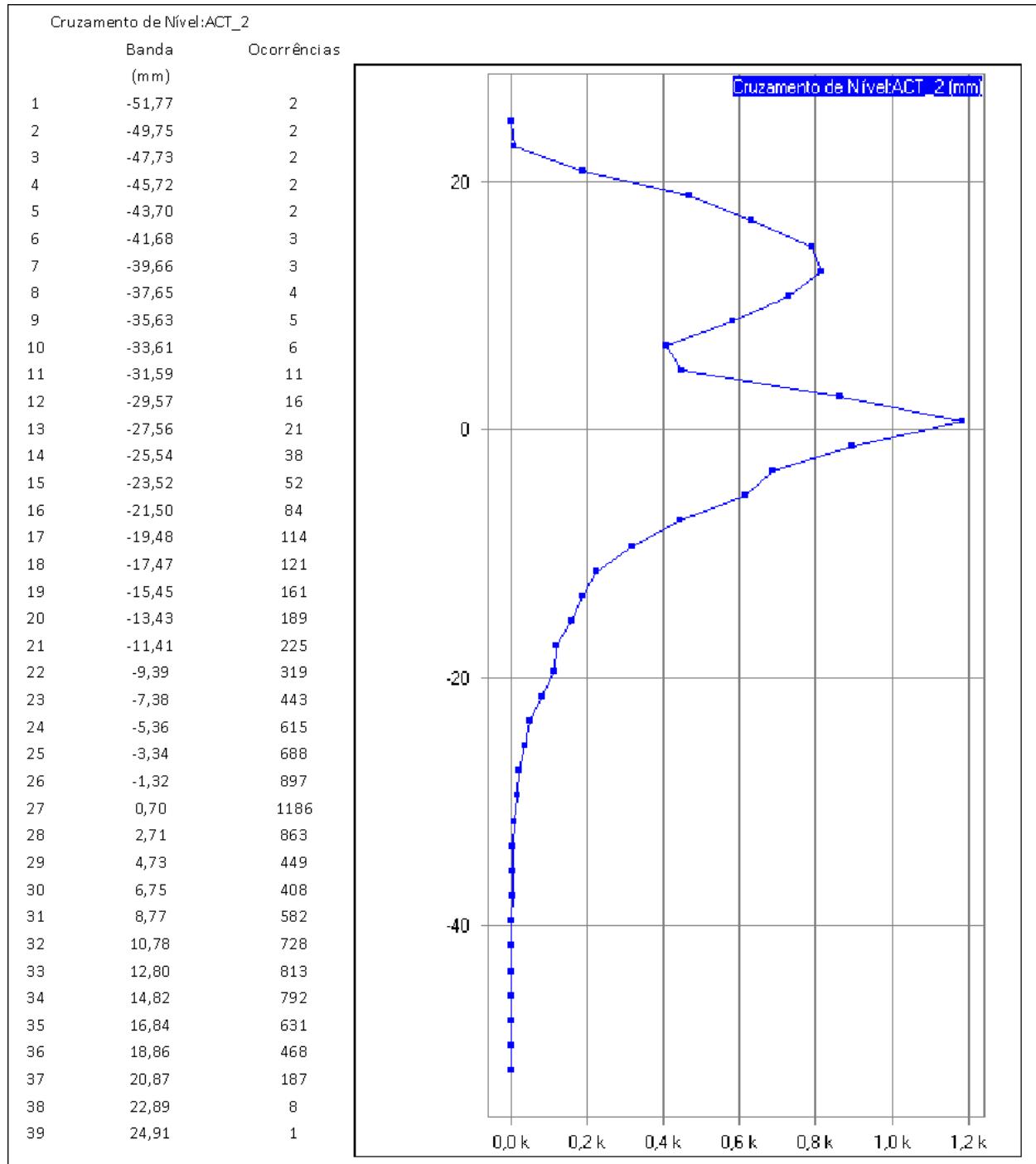
Fonte: IPT

Figura 149 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio


Fonte: IPT

Figura 150 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio


Fonte: IPT

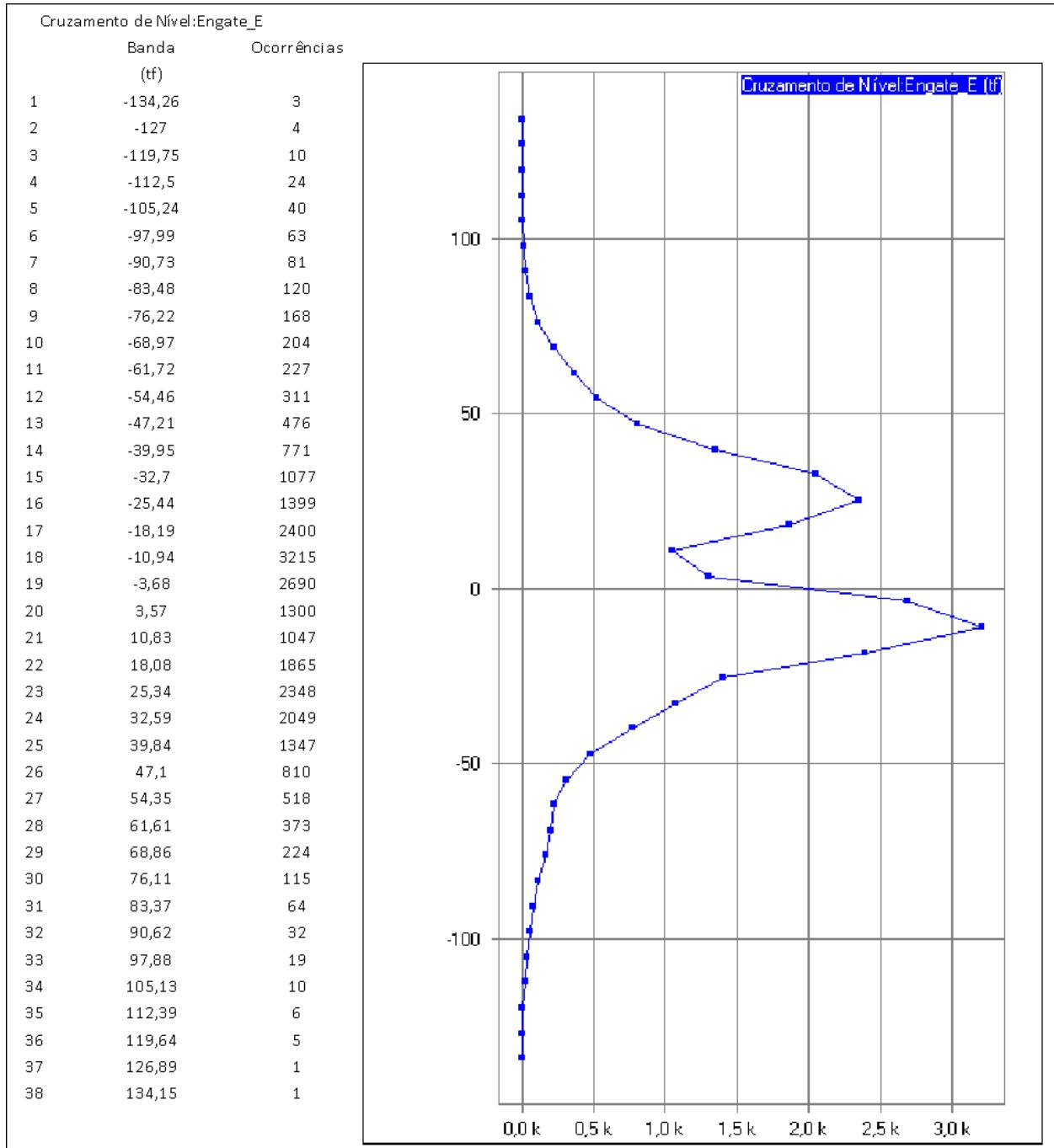
Figura 151 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio


Fonte: IPT

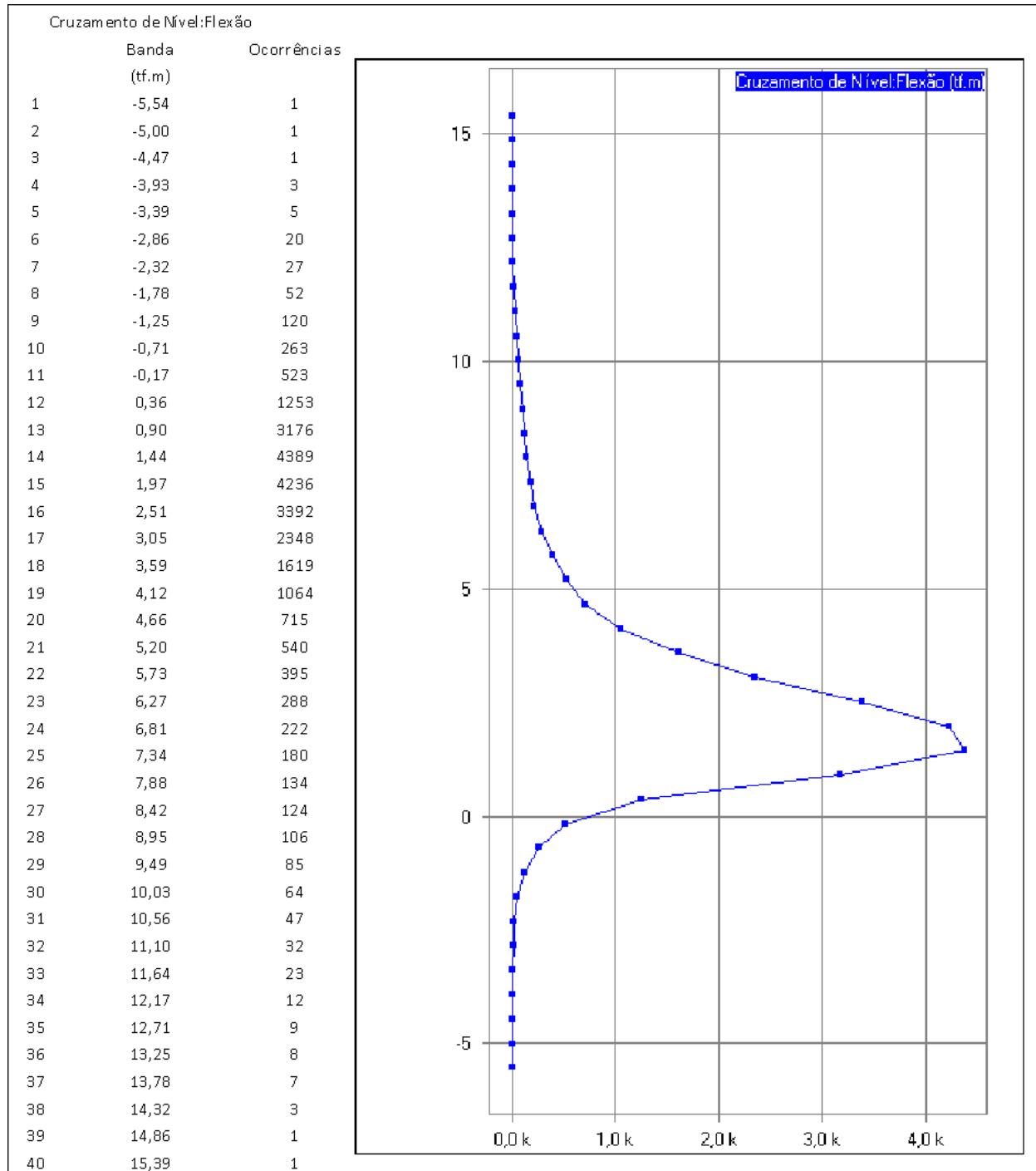
3.3.6.5 Viagem do trem prefixo ??, percurso TRO - PSN, carregado

3.3.6.5.1 Vagão ????, engate E

Figura 152 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

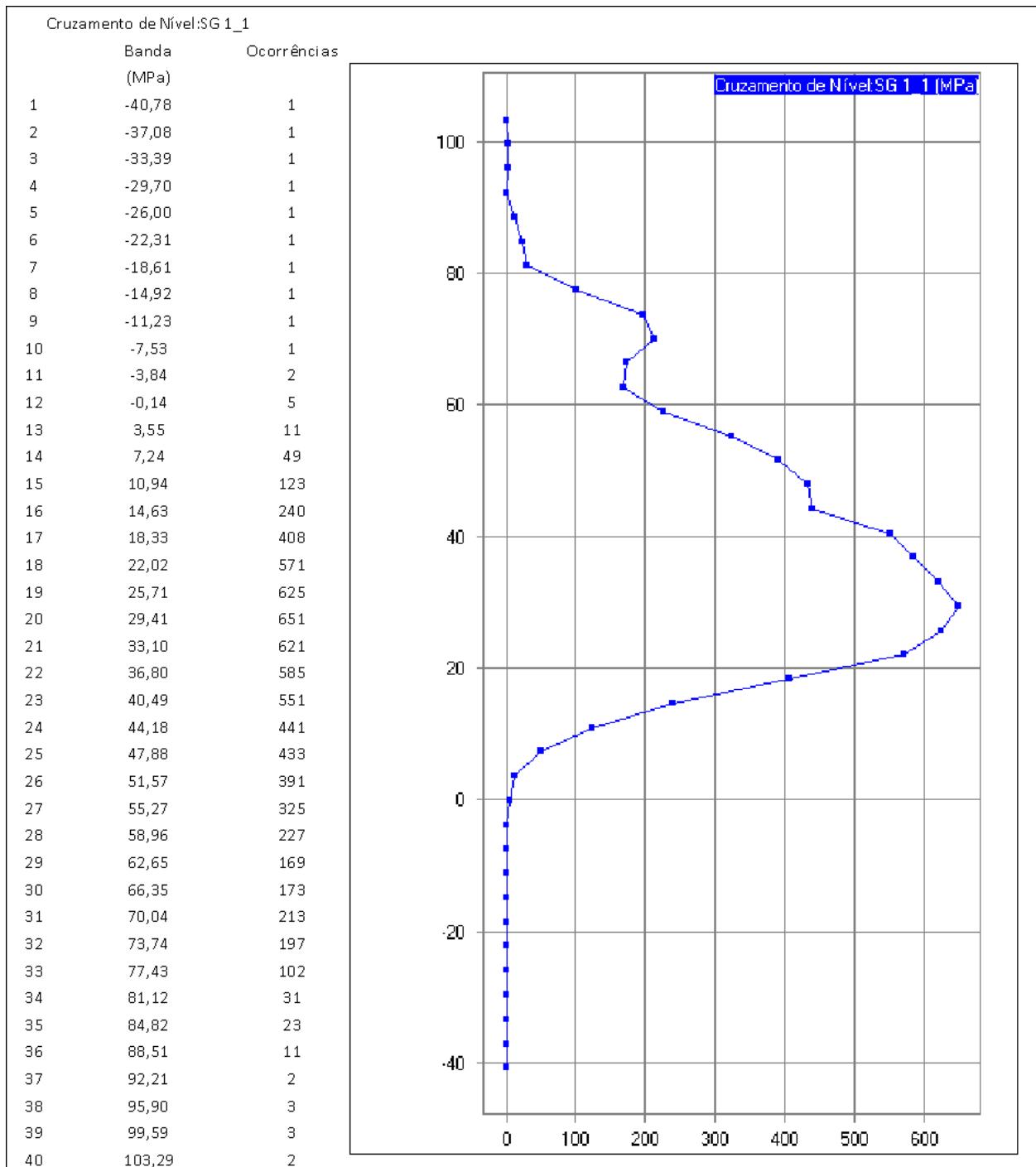


Fonte: IPT

Figura 153 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado


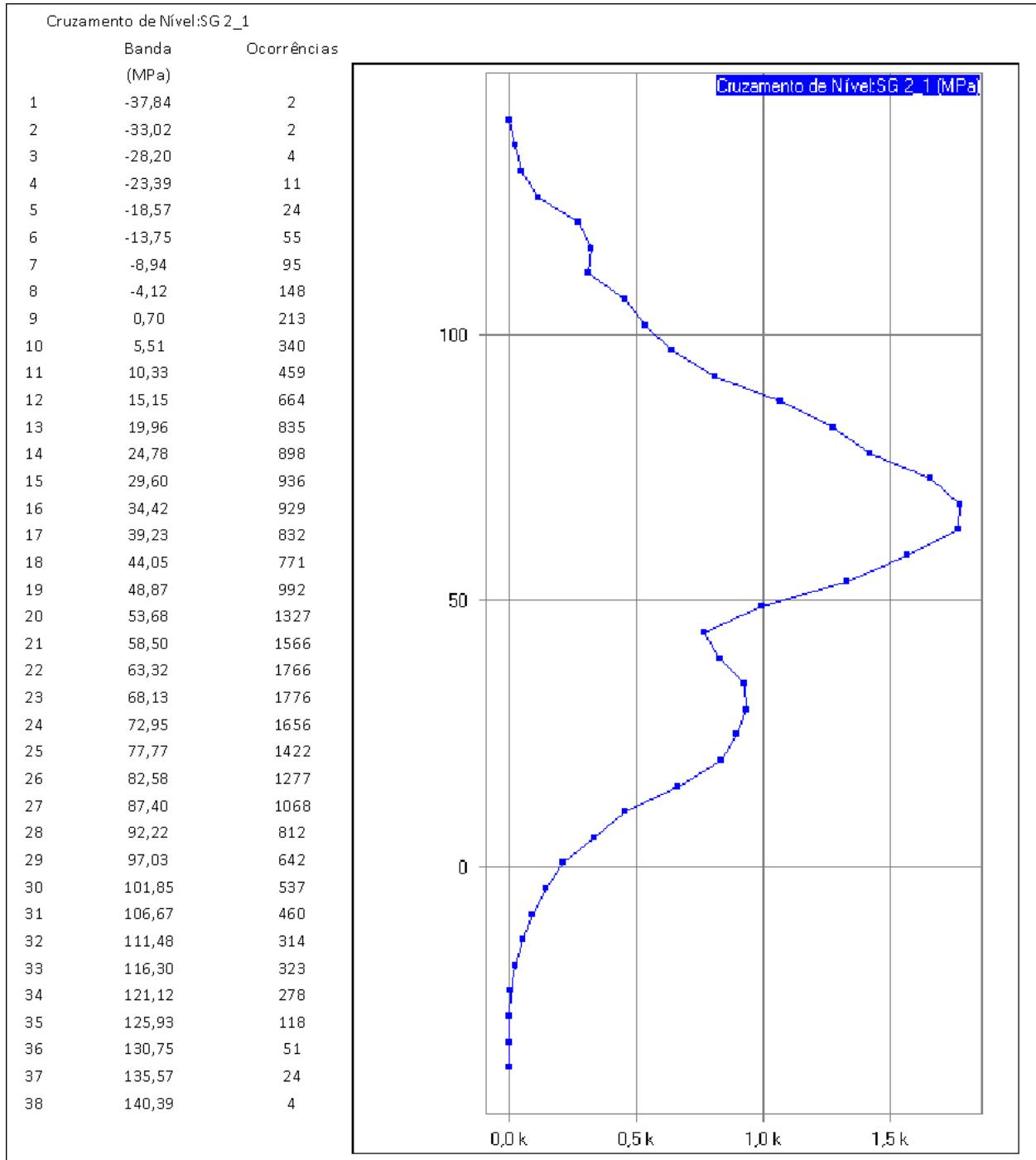
Fonte: IPT

Figura 154 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



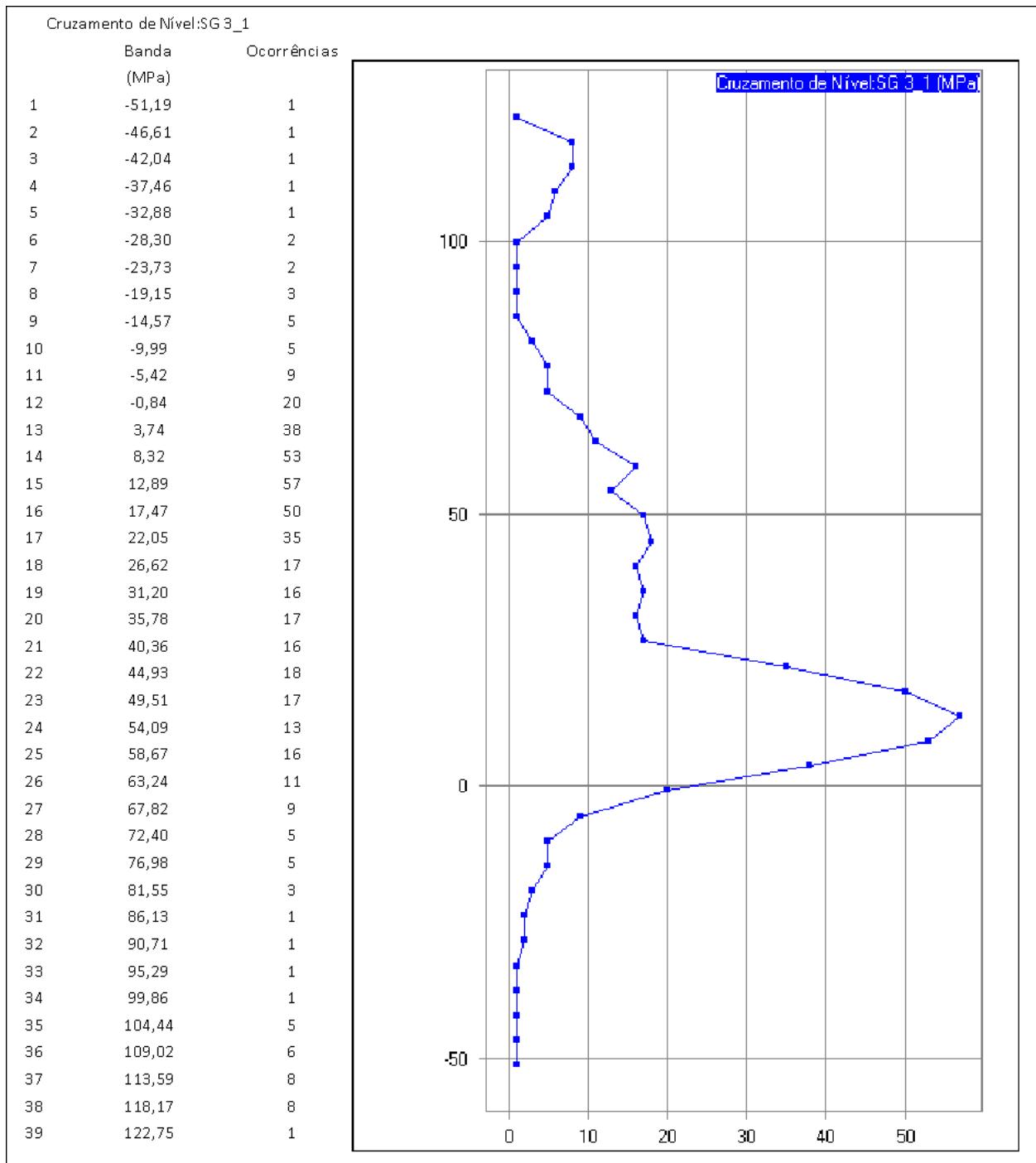
Fonte: IPT

Figura 155 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

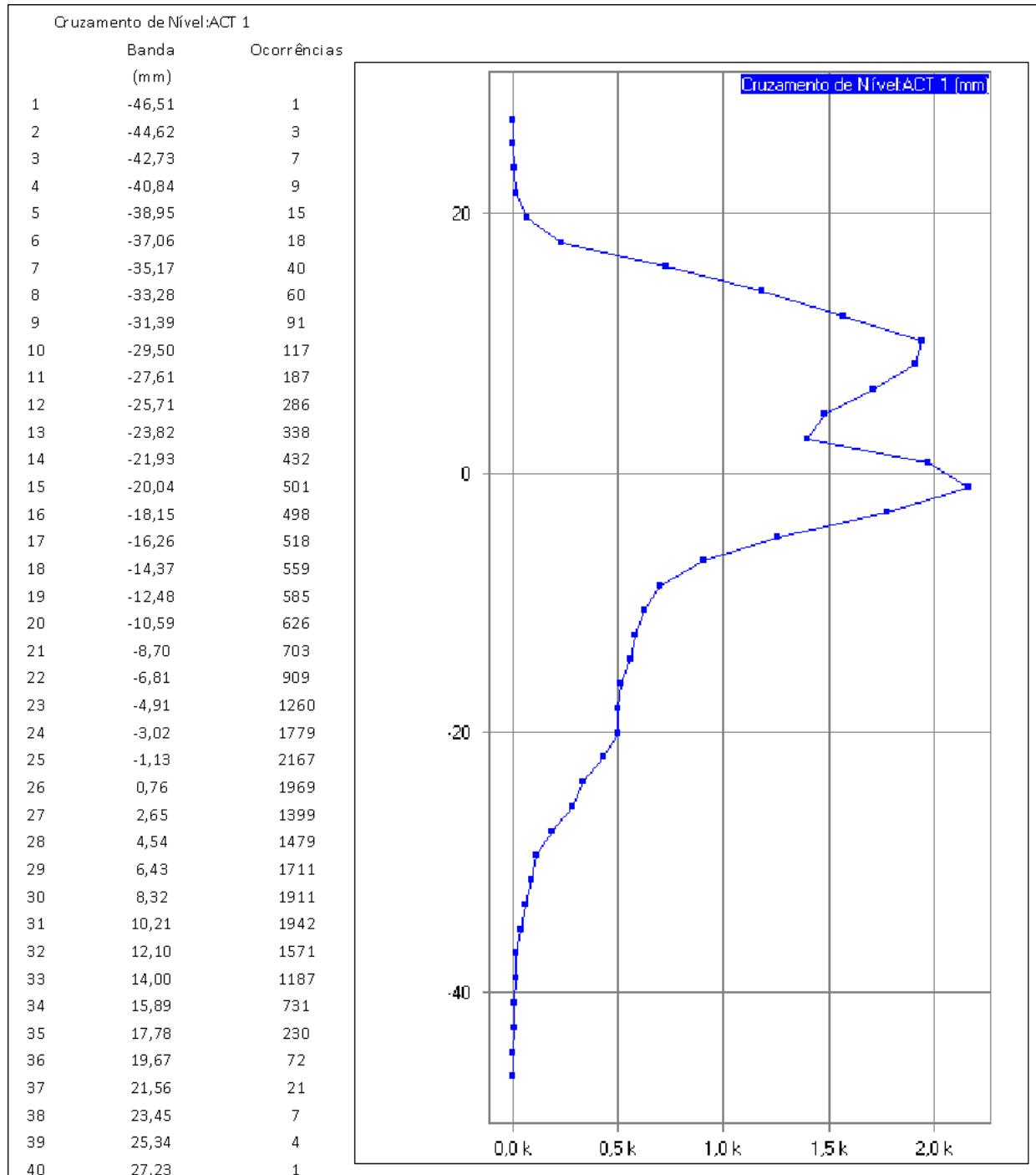


Fonte: IPT

Figura 156 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado



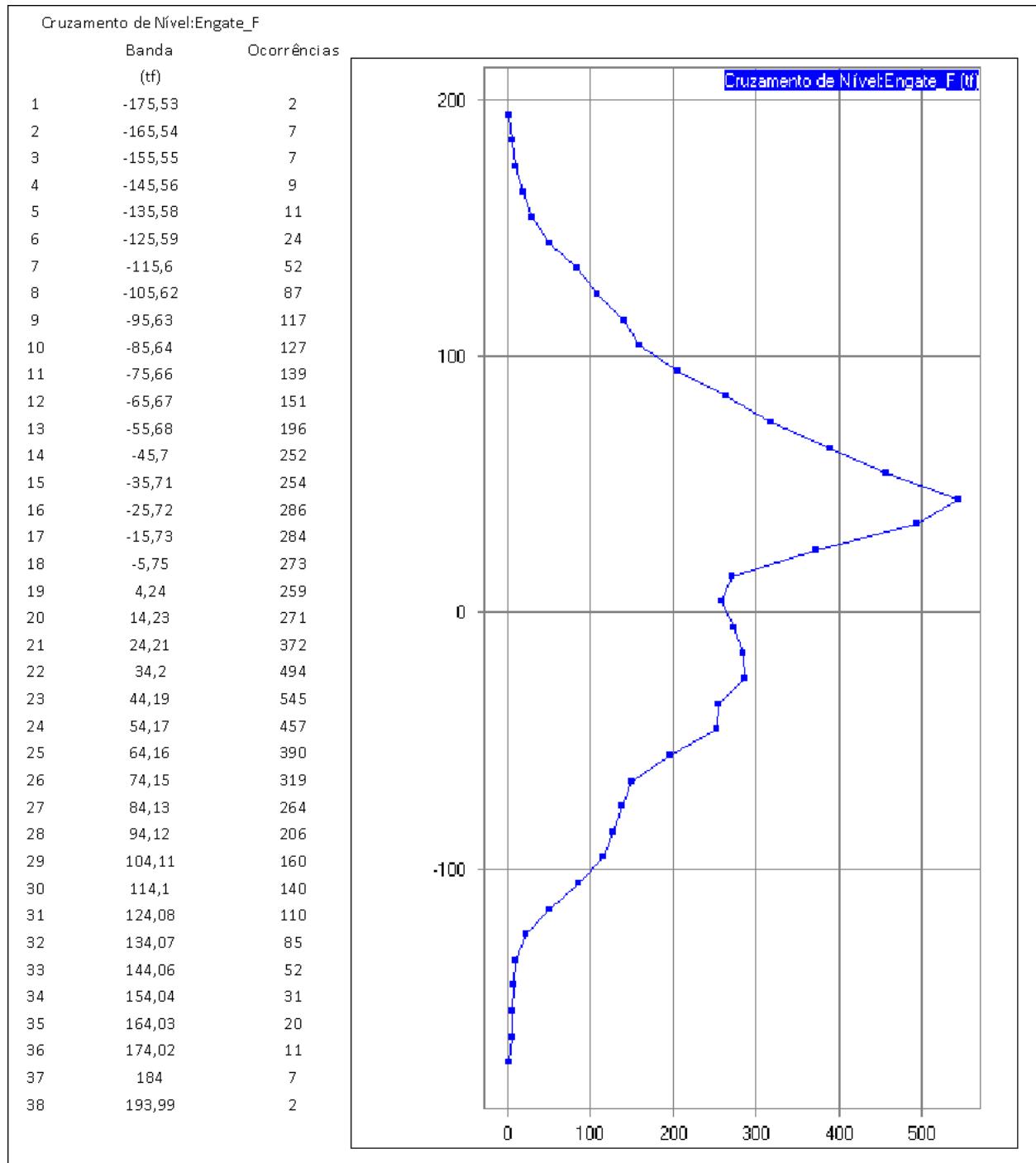
Fonte: IPT

Figura 157 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado


Fonte: IPT

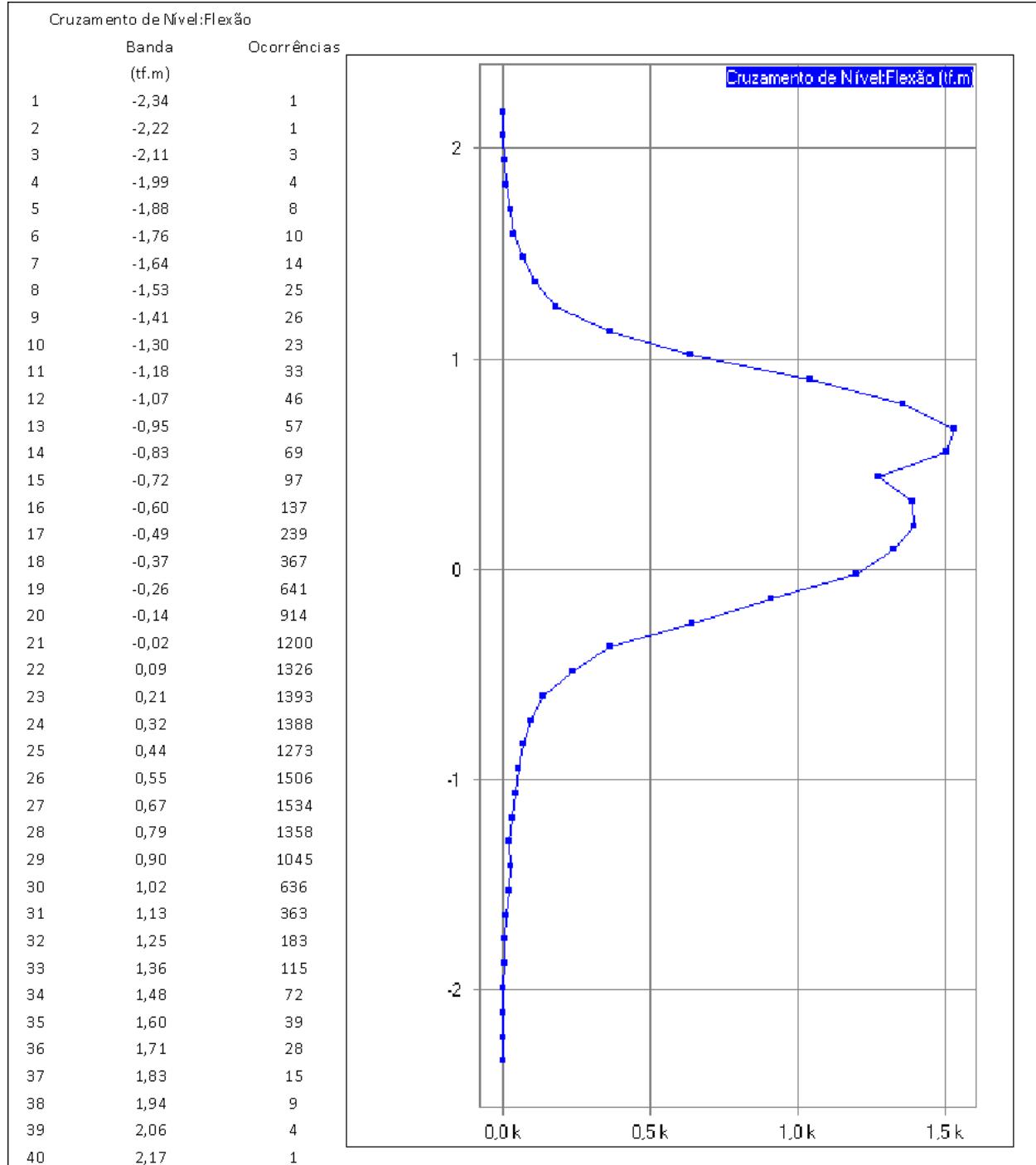
3.3.6.5.2 Vagão ?????, engate F

Figura 158 – Markov do sinal do engate, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



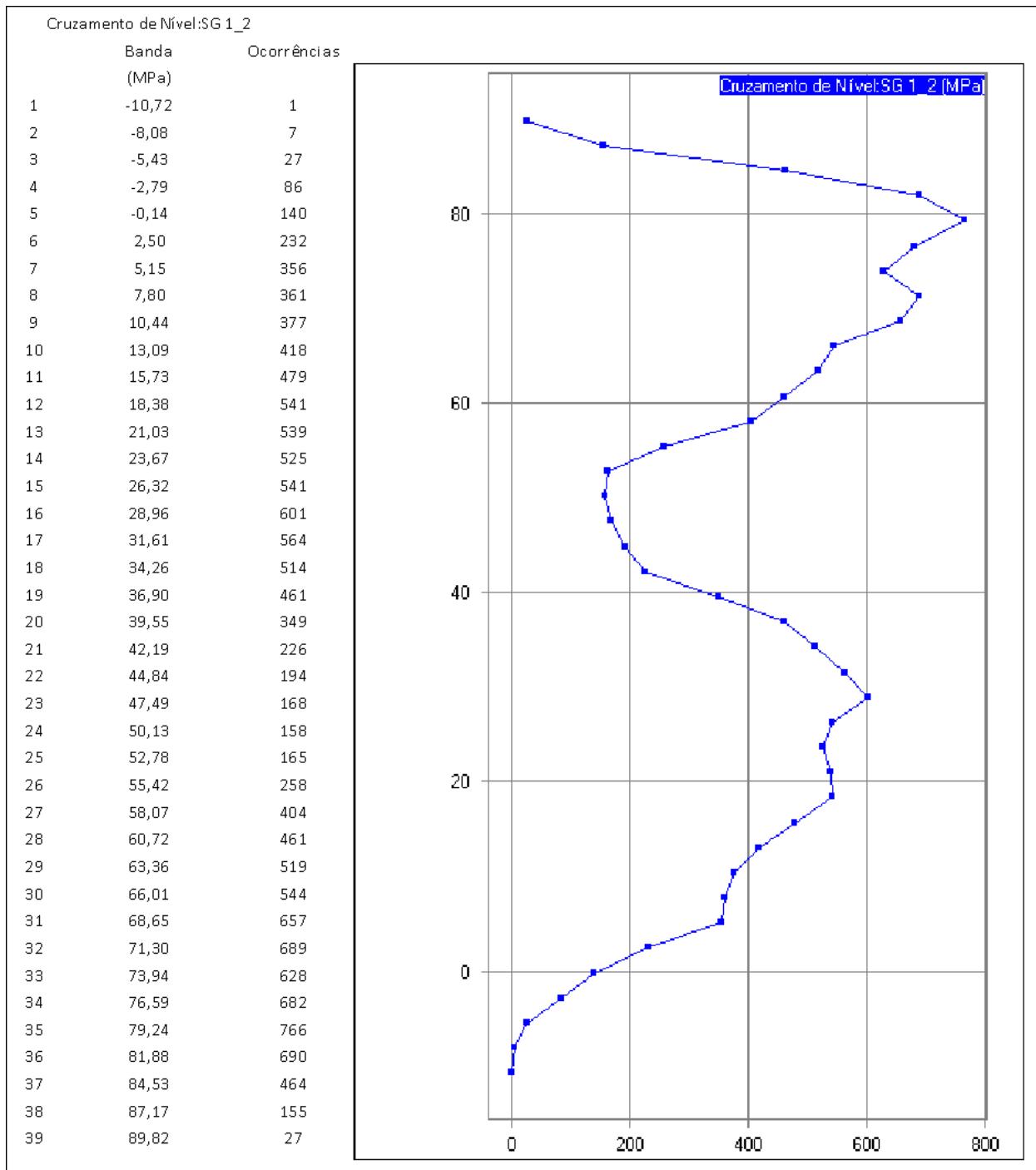
Fonte: IPT

Figura 159 – Markov do sinal da flexão, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



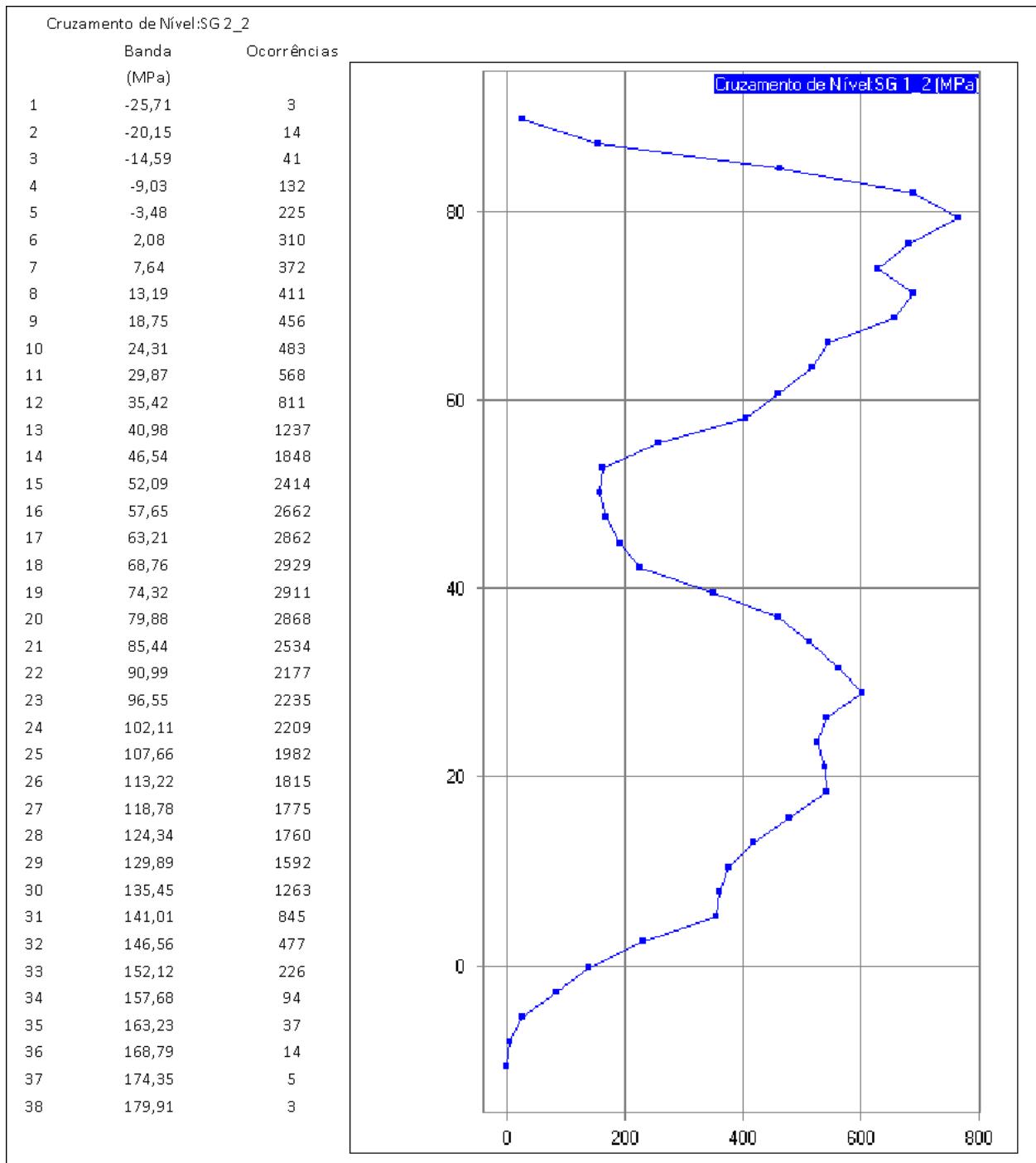
Fonte: IPT

Figura 160 – Markov do sinal do extensômetro SG1, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



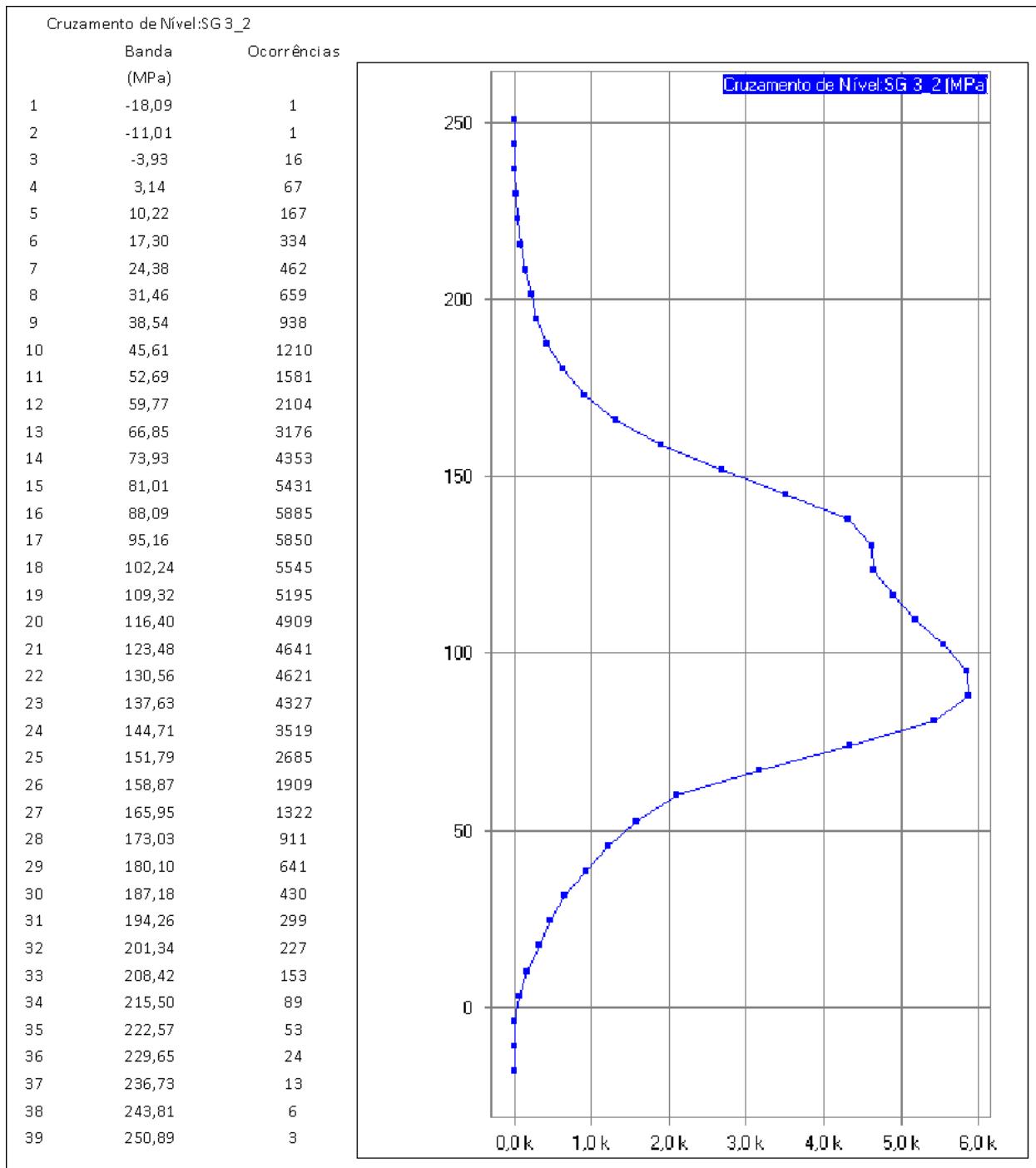
Fonte: IPT

Figura 161 – Markov do sinal do extensômetro SG2, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

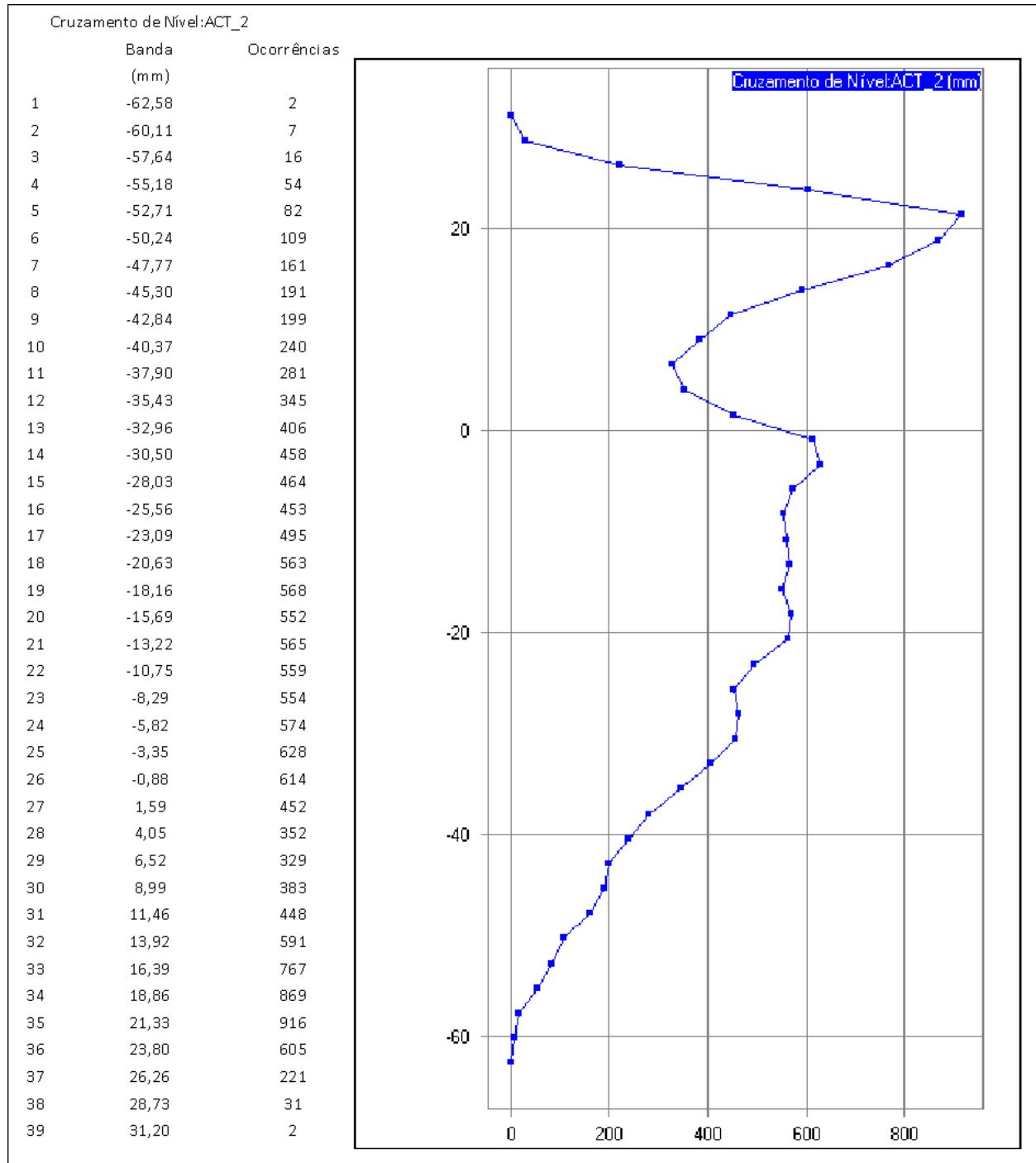


Fonte: IPT

Figura 162 – Markov do sinal do extensômetro SG3, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado



Fonte: IPT

Figura 163 – Markov do sinal do ACT, trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado


Fonte: IPT

3.3.7 Fim de curso lateral do engate

Nesta seção são apresentados os casos mais notáveis de detecção de fim de curso lateral do engate.

Não foi detectado o fim de curso lateral no engate F, somente foram encontradas algumas ocorrências no Engate E nas viagens analisadas.

O caso mais notável de fim de curso lateral do vagão ???? ocorreu na viagem do trem prefixo ??, carregado. Nesta viagem é possível observar que o aparelho de choque vai cedendo com um esforço mediano até chegar ao fim de curso em compressão e durante o fim de curso de compressão, o transdutor de proximidade detectou que o engate deu batente lateral. As Figuras 164 e 165 mostram o gráfico de detalhe e um mapa ilustrando a região de ocorrência do evento.

Figura 164 – Fim de curso ACT e batente lateral trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

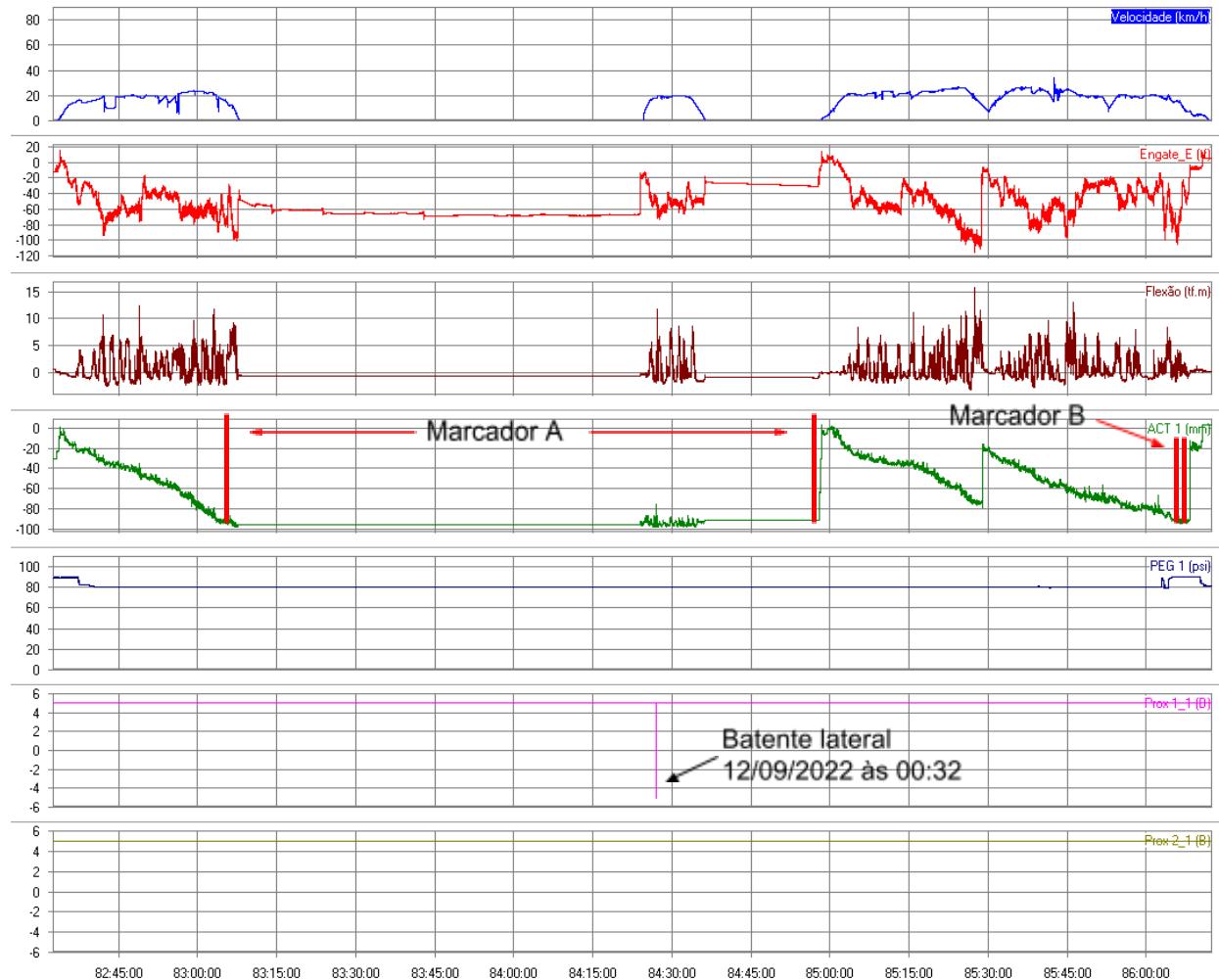
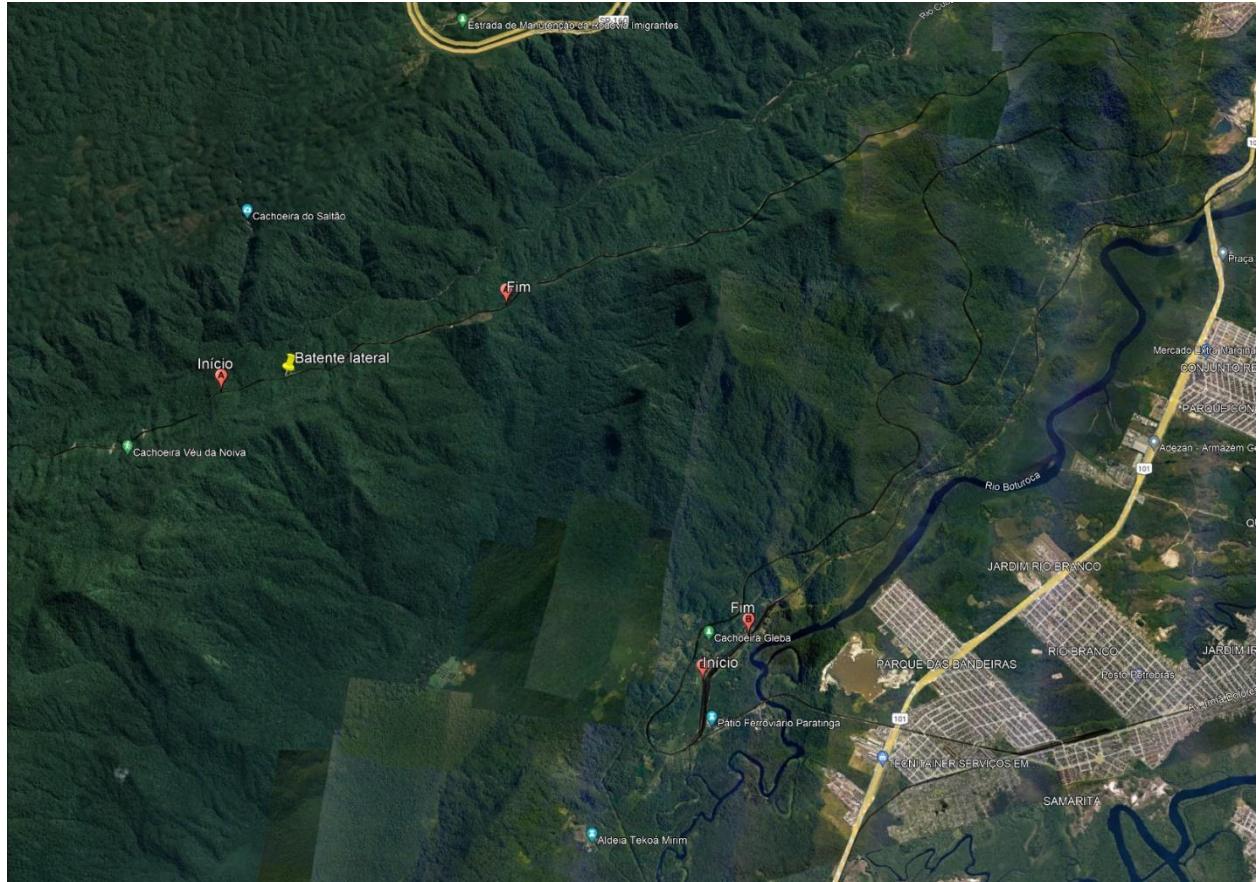


Figura 165 – Fim de curso ACT e batente lateral trem ??, detalhe mostrado no mapa

Outro caso de batente lateral ocorrido no Engate E foi no trem prefixo ??, carregado. Nesta viagem é possível observar o transdutor de proximidade detectou a ocorrência de batente lateral em uma situação com baixo esforço. As Figuras 166 e 167 mostram o gráfico de detalhe e um mapa ilustrando a região de ocorrência do evento.

Figura 166 – Batente lateral trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

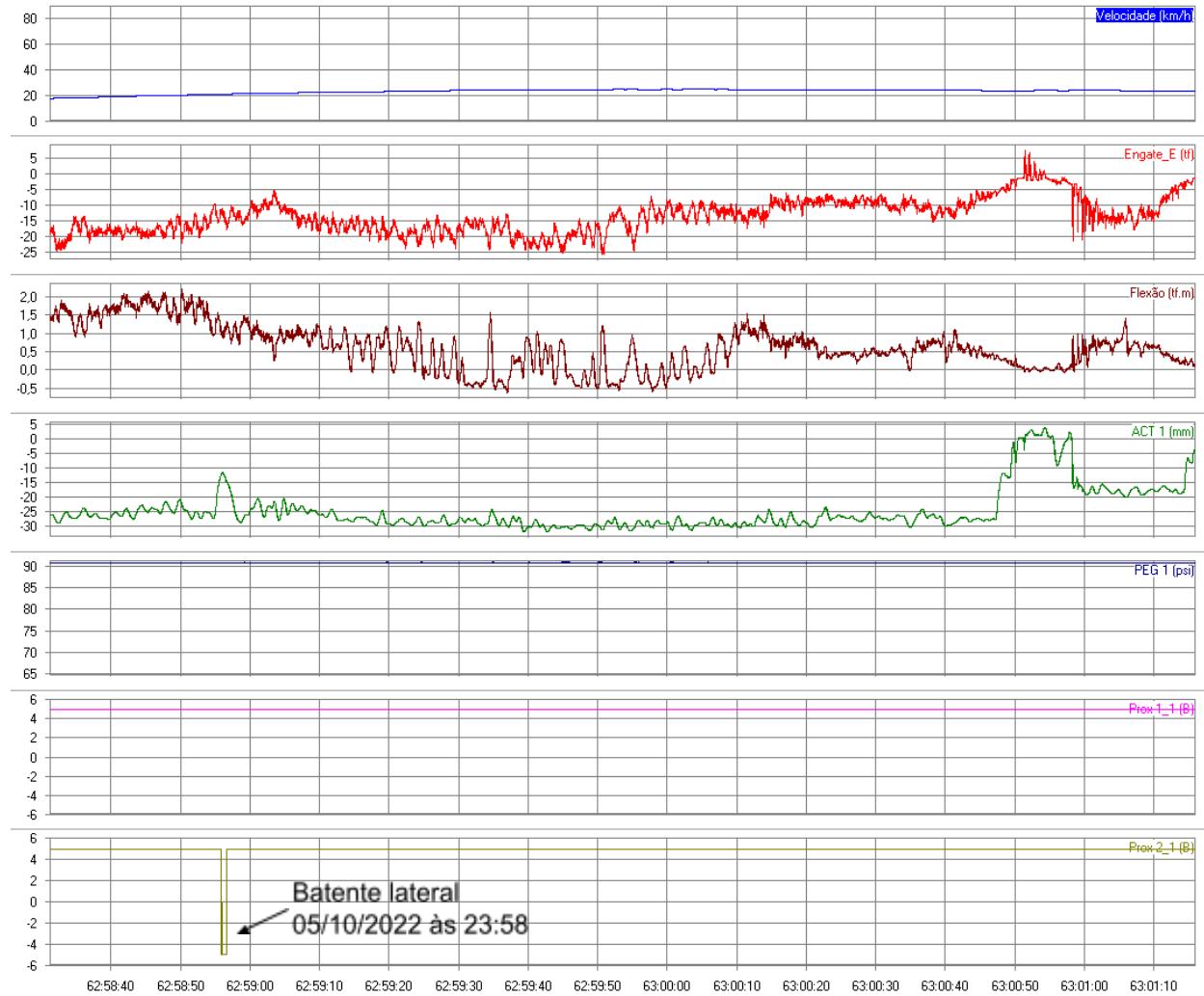
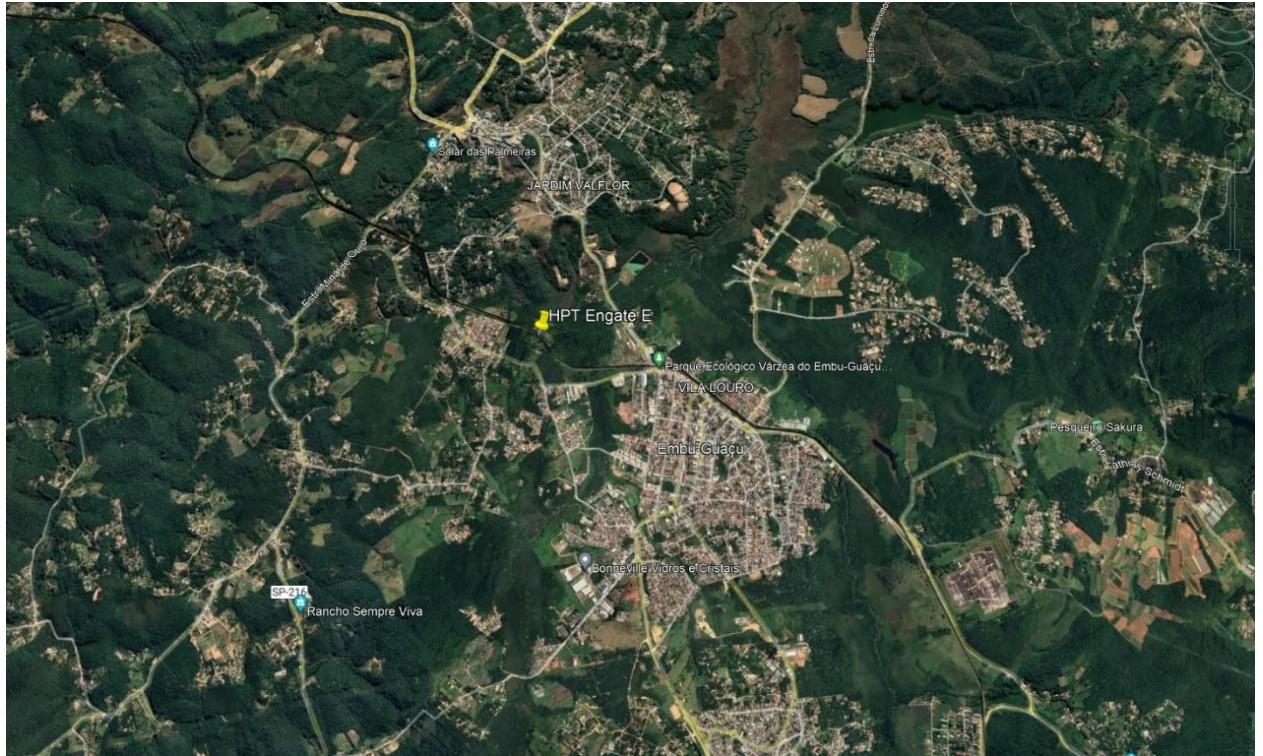


Figura 167 – Batente lateral trem ??, vagão ????, detalhe mostrado no mapa



3.3.8 Rainflow dos trechos

Para a estimativa de vida em fadiga, podem ser utilizadas teorias de acumulação de dano que estão relacionadas às quantidades de ciclos ao qual o material é submetido.

Normalmente as curvas S-N são levantadas com ciclos de amplitude constante, porém durante a vida de componentes e estruturas, a magnitude dos carregamentos aplicados pode variar com o tempo, tornando mais difícil definir o que é um ciclo e sua amplitude.

Para viabilizar o cálculo de fadiga a partir de sinais de carregamentos reais existem diferentes técnicas para contagem de ciclos. Este tipo de técnica é utilizado para reduzir um espectro de carregamentos complexo em um número de eventos de carregamentos de amplitude constante.

Tais tabelas de valores podem ser utilizadas para o cálculo de dano acumulado e futura estimativa de vida em fadiga, desde que se conheçam as características do material, a geometria da peça, os fatores de concentração de tensão induzidos pela geometria/processo de fabricação, área da seção crítica entre outros parâmetros que podem ser levantados com ensaios em laboratório.

Um dos métodos mais utilizados para a contagem de ciclos é o *Rainflow*.

A seguir serão apresentadas as tabelas de *Rainflow* obtidas com os parâmetros 8 bandas, histerese de 5% e limites máximo e mínimo baseados no sinal analisado.

As Tabelas 17 a 26 poderão ser utilizadas em trabalhos futuros para a estimativa de vida em fadiga do material rodante.

Tabela 17 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-178,72	173,17	175,94	1	0,0851
-134,73	-90,74	21,99	3	0,2553
-134,73	-46,76	43,99	2	0,1702
-134,73	-2,77	65,98	1	0,0851
-134,73	41,21	87,97	2	0,1702
-134,73	129,18	131,96	5	0,4255
-134,73	173,17	153,95	2	0,1702
-90,74	-46,76	21,99	148	12,5957
-90,74	-2,77	43,99	38	3,234
-90,74	41,21	65,98	5	0,4255
-90,74	85,2	87,97	12	1,0213
-90,74	129,18	109,96	19	1,617
-90,74	173,17	131,96	4	0,3404
-46,76	-2,77	21,99	144	12,2553
-46,76	41,21	43,99	23	1,9574
-46,76	85,2	65,98	31	2,6383
-46,76	129,18	87,97	11	0,9362
-2,77	41,21	21,99	255	21,7021
-2,77	85,2	43,99	44	3,7447
-2,77	129,18	65,98	2	0,1702
41,21	85,2	21,99	323	27,4894
41,21	129,18	43,99	15	1,2766
41,21	173,17	65,98	1	0,0851
85,2	129,18	21,99	80	6,8085
129,18	173,17	21,99	4	0,3404
Total			1175	100

Fonte:

IPT

Tabela 18 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-141	-101,01	20	10	0,8511
-141	-61,01	40	4	0,3404
-141	-21,01	59,99	3	0,2553
-141	18,98	79,99	2	0,1702
-141	58,98	99,99	2	0,1702
-141	138,97	139,99	6	0,5106
-141	178,97	159,98	4	0,3404
-101,01	-61,01	20	105	8,9362
-101,01	-21,01	40	11	0,9362
-101,01	18,98	59,99	1	0,0851
-101,01	58,98	79,99	3	0,2553
-101,01	98,97	99,99	4	0,3404
-101,01	138,97	119,99	4	0,3404
-101,01	178,97	139,99	1	0,0851
-61,01	-21,01	20	102	8,6809
-61,01	18,98	40	15	1,2766
-61,01	58,98	59,99	12	1,0213
-61,01	98,97	79,99	11	0,9362
-61,01	138,97	99,99	8	0,6809
-21,01	18,98	20	141	12
-21,01	58,98	40	17	1,4468
-21,01	98,97	59,99	12	1,0213
-21,01	138,97	79,99	2	0,1702
18,98	58,98	20	426	36,2553
18,98	98,97	40	24	2,0426
18,98	138,97	59,99	5	0,4255
58,98	98,97	20	130	11,0638
58,98	138,97	40	13	1,1064
98,97	138,97	20	77	6,5532
98,97	178,97	40	1	0,0851
138,97	178,97	20	19	1,617
Total			1175	100

Fonte: IPT

Tabela 19 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ????, engate E, PSN - PSS, vazio

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total (%)
-52,41	54,45	53,43	1	0,0383
-34,6	-16,79	8,91	54	2,0674
-34,6	1,02	17,81	16	0,6126
-34,6	18,83	26,72	5	0,1914
-34,6	36,64	35,62	11	0,4211
-34,6	54,45	44,53	4	0,1531
-34,6	72,26	53,43	3	0,1149
-34,6	90,07	62,34	1	0,0383
-16,79	1,02	8,91	775	29,6707
-16,79	18,83	17,81	73	2,7948
-16,79	36,64	26,72	31	1,1868
-16,79	54,45	35,62	2	0,0766
-16,79	72,26	44,53	1	0,0383
1,02	18,83	8,91	853	32,657
1,02	36,64	17,81	86	3,2925
1,02	54,45	26,72	31	1,1868
18,83	36,64	8,91	566	21,6692
18,83	54,45	17,81	17	0,6508
18,83	72,26	26,72	1	0,0383
18,83	90,07	35,62	1	0,0383
36,64	54,45	8,91	64	2,4502
36,64	72,26	17,81	3	0,1149
54,45	72,26	8,9	13	0,4977
Total			2612	100

Fonte: IPT

Tabela 20 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, PSN - PSS, vazio

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-73,76	-51,73	11,01	3	0,1539
-73,76	-29,71	22,03	1	0,0513
-73,76	58,4	66,08	1	0,0513
-51,73	-29,71	11,01	7	0,3592
-51,73	-7,68	22,03	4	0,2052
-51,73	14,35	33,04	1	0,0513
-51,73	36,37	44,05	2	0,1026
-51,73	58,4	55,07	3	0,1539
-51,73	80,42	66,08	1	0,0513
-51,73	102,45	77,09	1	0,0513
-29,71	-7,68	11,01	221	11,3391
-29,71	14,35	22,03	43	2,2063
-29,71	36,37	33,04	40	2,0523
-29,71	58,4	44,05	6	0,3079
-29,71	80,42	55,07	3	0,1539
-29,71	102,45	66,08	1	0,0513
-7,68	14,35	11,01	701	35,9672
-7,68	36,37	22,03	93	4,7717
-7,68	58,4	33,04	25	1,2827
14,35	36,37	11,01	711	36,4802
14,35	58,4	22,03	12	0,6157
14,35	80,42	33,04	1	0,0513
36,37	58,4	11,01	56	2,8733
36,37	80,42	22,03	1	0,0513
58,4	80,42	11,01	11	0,5644
Total			1949	100

Fonte: IPT

Tabela 21 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ????, engate E, ?? - PSS, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-135,48	-106,29	14,6	26	0,6842
-135,48	-77,09	29,2	3	0,0789
-135,48	10,49	72,99	1	0,0263
-135,48	39,69	87,59	1	0,0263
-135,48	98,08	116,78	1	0,0263
-106,29	-77,09	14,6	90	2,3684
-106,29	-47,9	29,2	7	0,1842
-106,29	-18,7	43,79	2	0,0526
-106,29	39,69	72,99	3	0,0789
-77,09	-47,9	14,6	108	2,8421
-77,09	-18,7	29,2	12	0,3158
-77,09	10,49	43,79	6	0,1579
-77,09	39,69	58,39	15	0,3947
-77,09	68,88	72,99	9	0,2368
-77,09	98,08	87,59	1	0,0263
-47,9	-18,7	14,6	1020	26,8421
-47,9	10,49	29,2	139	3,6579
-47,9	39,69	43,79	45	1,1842
-47,9	68,88	58,39	4	0,1053
-18,7	10,49	14,6	1471	38,7105
-18,7	39,69	29,2	54	1,4211
-18,7	68,88	43,79	3	0,0789
10,49	39,69	14,6	758	19,9474
10,49	68,88	29,2	14	0,3684
10,49	98,08	43,79	1	0,0263
39,69	68,88	14,6	3	0,0789
39,69	98,08	29,2	1	0,0263
68,88	98,08	14,6	2	0,0526
Total			3800	100

Fonte: IPT

Tabela 22 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, ?? - PSS, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-156,08	-122,04	17,02	6	0,2238
-156,08	-88	34,04	1	0,0373
-156,08	82,2	119,14	2	0,0746
-156,08	116,24	136,16	1	0,0373
-122,04	-88	17,02	159	5,9306
-122,04	-53,96	34,04	2	0,0746
-122,04	14,12	68,08	1	0,0373
-122,04	48,16	85,1	5	0,1865
-122,04	82,2	102,12	6	0,2238
-122,04	116,24	119,14	1	0,0373
-88	-53,96	17,02	216	8,0567
-88	-19,92	34,04	10	0,373
-88	14,12	51,06	9	0,3357
-88	48,16	68,08	26	0,9698
-88	82,2	85,1	11	0,4103
-53,96	-19,92	17,02	401	14,9571
-53,96	14,12	34,04	89	3,3197
-53,96	48,16	51,06	57	2,1261
-53,96	82,2	68,08	5	0,1865
-19,92	14,12	17,02	641	23,909
-19,92	48,16	34,04	72	2,6856
-19,92	82,2	51,06	1	0,0373
14,12	48,16	17,02	913	34,0545
14,12	82,2	34,04	12	0,4476
14,12	116,24	51,06	1	0,0373
48,16	82,2	17,02	30	1,119
48,16	116,24	34,04	2	0,0746
82,2	116,24	17,02	1	0,0373
Total			2681	100

Fonte: IPT

Tabela 23 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ????, engate E, PCZ - TRO, vazio

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total (%)
-100,28	58,7	79,49	1	0,0591
-77,57	-54,85	11,36	2	0,1181
-77,57	35,99	56,78	1	0,0591
-54,85	-32,14	11,36	5	0,2953
-54,85	-9,43	22,71	2	0,1181
-54,85	13,28	34,07	1	0,0591
-54,85	35,99	45,42	1	0,0591
-54,85	58,7	56,78	2	0,1181
-54,85	81,41	68,13	1	0,0591
-32,14	-9,43	11,36	207	12,2268
-32,14	13,28	22,71	24	1,4176
-32,14	35,99	34,07	36	2,1264
-32,14	58,7	45,42	12	0,7088
-32,14	81,41	56,78	1	0,0591
-9,43	13,28	11,36	546	32,2504
-9,43	35,99	22,71	95	5,6113
-9,43	58,7	34,07	7	0,4135
13,28	35,99	11,36	451	26,6391
13,28	58,7	22,71	37	2,1855
13,28	81,41	34,07	6	0,3544
35,99	58,7	11,36	241	14,2351
35,99	81,41	22,71	7	0,4135
58,7	81,41	11,36	7	0,4135
Total			1693	100

Fonte: IPT

Tabela 24 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, PCZ - TRO, vazio

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total (%)
-163,93	85,24	124,58	1	0,0764
-132,78	22,95	77,86	1	0,0764
-70,49	-39,34	15,57	1	0,0764
-70,49	-8,2	31,15	2	0,1528
-70,49	54,09	62,29	2	0,1528
-70,49	85,24	77,86	1	0,0764
-39,34	-8,2	15,57	127	9,7021
-39,34	22,95	31,15	37	2,8266
-39,34	54,09	46,72	37	2,8266
-39,34	85,24	62,29	1	0,0764
-8,2	22,95	15,57	734	56,0733
-8,2	54,09	31,15	42	3,2086
-8,2	85,24	46,72	2	0,1528
22,95	54,09	15,57	313	23,9114
22,95	85,24	31,15	7	0,5348
54,09	85,24	15,57	1	0,0764
Total			1309	100

Fonte: IPT

Tabela 25 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ????, engate E, TRO - PSN, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-152,39	-116,12	18,14	9	0,0869
-152,39	101,5	126,95	3	0,029
-152,39	137,78	145,08	2	0,0193
-116,12	-79,85	18,14	132	1,2743
-116,12	-43,58	36,27	11	0,1062
-116,12	-7,31	54,41	3	0,029
-116,12	28,96	72,54	1	0,0097
-116,12	65,23	90,68	5	0,0483
-116,12	101,5	108,81	10	0,0965
-116,12	137,78	126,95	1	0,0097
-79,85	-43,58	18,14	602	5,8114
-79,85	-7,31	36,27	54	0,5213
-79,85	28,96	54,41	15	0,1448
-79,85	65,23	72,54	32	0,3089
-79,85	101,5	90,68	4	0,0386
-43,58	-7,31	18,14	5236	50,5454
-43,58	28,96	36,27	127	1,226
-43,58	65,23	54,41	81	0,7819
-43,58	101,5	72,54	2	0,0193
-7,31	28,96	18,14	3069	29,6264
-7,31	65,23	36,27	100	0,9653
-7,31	101,5	54,41	3	0,029
28,96	65,23	18,14	826	7,9737
28,96	101,5	36,27	5	0,0483
65,23	101,5	18,14	24	0,2317
101,5	137,78	18,14	2	0,0193
Total			10359	100

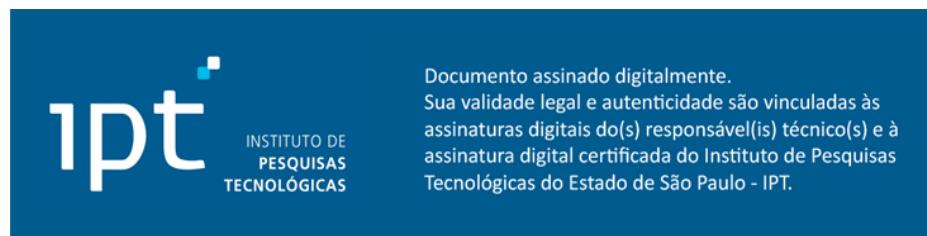
Fonte: IPT

Tabela 26 – Rainflow da viagem do trem ??, vagão ?????, engate F, TRO - PSN, carregado

Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Amplitude (tf)	Nº Ciclos	% Total
-200,49	-150,56	24,97	10	0,5214
-200,49	149,05	174,77	1	0,0521
-200,49	198,98	199,74	3	0,1564
-150,56	-100,62	24,97	59	3,0761
-150,56	-50,69	49,93	12	0,6257
-150,56	-0,75	74,9	8	0,4171
-150,56	49,18	99,87	2	0,1043
-150,56	99,12	124,84	4	0,2086
-150,56	149,05	149,8	10	0,5214
-150,56	198,98	174,77	2	0,1043
-100,62	-50,69	24,97	180	9,3848
-100,62	-0,75	49,93	32	1,6684
-100,62	49,18	74,9	13	0,6778
-100,62	99,12	99,87	16	0,8342
-100,62	149,05	124,84	21	1,0949
-50,69	-0,75	24,97	261	13,6079
-50,69	49,18	49,93	53	2,7633
-50,69	99,12	74,9	36	1,877
-50,69	149,05	99,87	8	0,4171
-0,75	49,18	24,97	615	32,0647
-0,75	99,12	49,93	44	2,2941
-0,75	149,05	74,9	11	0,5735
-0,75	198,98	99,87	1	0,0521
49,18	99,12	24,97	383	19,9687
49,18	149,05	49,93	14	0,7299
99,12	149,05	24,97	110	5,7351
99,12	198,98	49,93	1	0,0521
149,05	198,98	24,97	8	0,4171
Total			1918	100

Fonte: IPT

4 COMENTÁRIOS FINAIS



ANEXO A

Tabelas de choques e esforços críticos

(1 página)

As tabelas de choques e de esforços críticos encontram-se disponíveis no seguinte link para o download:

ANEXO B

Dados coletados

(1 página)

Os dados coletados em formato “.tem” encontram-se disponíveis no seguinte link para o download: