

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos

Patricia Nonaka

ESTUDO DA DEFORMAÇÃO DE POSTE DE DEFENSAS METÁLICAS SUJEITAS A
COLISÃO

São Paulo

2011

Patricia Nonaka

ESTUDO DA DEFORMAÇÃO DE POSTE DE DEFENSAS METÁLICAS SUJEITAS A
COLISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo, como requisito parcial para a obtenção da
Graduação como Engenheira Mecânica com
habilitação em Automação e Sistemas.

Área de concentração:
Engenharia Mecânica

Orientador: Profº Drº Marcílio Alves

São Paulo
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Nonaka, Patrícia

**Estudo da deformação de poste de defensas metálicas sujeitas a colisão / P. Nonaka. -- São Paulo, 2011.
p.**

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

1. Simulação 2. Engenharia mecânica (Simulação) 3. Rodovias (Segurança) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II. t.

Resumo

Defensas metálicas (guardrails) são a principal proteção lateral em autoestradas contra escape de veículos. Dessa forma, é de extrema importância o conhecimento das propriedades mecânicas de seu material e de sua forma geométrica, tais como resistência, limites de tensões ou principais fragilidades. O trabalho tem, portanto, dois principais objetivos: o primeiro deles é avaliar o desempenho dos guardrails das estradas brasileiras, enquanto o segundo é chegar a uma sugestão baseada em estudos quantitativos, qualitativos e de viabilidade financeira do país para um redesenho dos guardrails, pelo menos em trechos mais críticos, do ponto de vista de segurança.

O trabalho consiste na análise do perfil do poste que sustenta a franja da defesa. O perfil que é utilizado na maior parte das estradas brasileiras é em H, e é criticado pela sociedade motociclista por ser muito perigoso no caso de uma colisão com um corpo humano, por ter extremidades muito vivas. É analisado também o perfil em C, proposto por ter extremidades mais suaves, e com conseqüências menos graves para um motociclista que eventualmente colida com o poste.

Abstract

Guardrails are the main protection in highways when adrift vehicles tend to cause a much bigger accident. Thus, it is extremely important to study the mechanical properties of its material and its geometry, such as resistance, stress limits or major weaknesses. The work thus has two main goals: the first is to evaluate the performance of guardrails of Brazilian roads, while the second is to arrive at a suggestion, based on quantitative studies, quality and the country financial viability for redesigning the guardrails, at least in the areas where the security is most critical.

The work consists in examining the profile of the pole that holds the fringe of the guardrail. The profile used in most Brazilian roads is in H, and is criticized by motorcyclists' society for being too dangerous in the event of a collision with a human body, because its edges are very much alive. It also analyzed the profile in C, proposed to have softer edges, and with less severe consequences for a motorcyclist who eventually collides with the pole.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais que sempre acreditaram em mim. Além disso, os agradeço por em todas as decisões me apoiarem e suportarem, apesar de muitas vezes serem erradas, porque dessa forma também me ensinaram a viver.

Agradeço também à Escola Politécnica, que forneceu educação, suporte e preparo desde o ingresso, até a execução deste trabalho.

E agradeço ao professor Marcílio, que sempre se mostrou solícito e com paciência orientou a direção em que o trabalho seguiu.

Lista de Figuras

Figura 1: Típica defesa metálica brasileira (Guardrail).....	14
Figura 2: Guardrail deformado após desvio de veículo.....	15
Figura 3: Acidentes fatais por tipo de veículo nos EUA x número de veículos registrados[1] ..	17
Figura 4: Exposição do corpo do motociclista ao poste do guardrail, mesmo com os equipamentos de segurança[10].....	18
Figura 5: Ineficiência do uso do capacete em acidentes envolvendo guardrails[1].....	19
Figura 6: Barriletes de Poliespan[10].....	20
Figura 7: Proteção dos postes de um guardrail[10].....	20
Figura 8: Sistema de proteção na Itália[10].....	21
Figura 9: Sistema anti-saída na França.....	22
Figura 10: Sistema SPM-S4 em laboratório.....	22
Figura 11: Sistema SPM-S4 aplicado.....	23
Figura 12: Defesa de concreto.....	24
Figura 13: Interface do Abaqus (Software de MEF).....	26
Figura 14: Revestimento de via.....	28
Figura 15: modelagem das camadas do solo.....	29
Figura 16: Especificações de Altura e Profundidade.....	30
Figura 17: Modelagem do poste em H.....	31
Figura 18: Dimensões da seção transversal da seção transversal em H.....	32
Figura 19: modelagem do poste em C.....	33
Figura 20: Dimensões da seção transversal do perfil em C.....	34
Figura 21: Modelagem da malha do poste em H.....	35
Figura 22: malha do poste (detalhe do nível do solo).....	36
Figura 23: Modelagem da malha do poste em C.....	37
Figura 24: malha do poste (detalhe do nível do solo).....	38
Figura 25: Modelagem da malha do solo.....	39
Figura 26: Malha do solo com o poste.....	40
Figura 27: Malha do poste enterrado.....	40
Figura 28: corpo rígido impactando o poste.....	43
Figura 29: Corpo rígido impactando o poste (vista frontal em corte).....	43
Figura 30: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	44
Figura 31: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	44
Figura 32: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte).....	45
Figura 33: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	46
Figura 34: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	46
Figura 35: Corpo elasto-plástico impactando o poste de maneira oblíqua.....	47
Figura 36: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	48
Figura 37: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	48
Figura 38: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte).....	49
Figura 39: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	50
Figura 40: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	50
Figura 41: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte).....	51
Figura 42: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	51
Figura 43: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	52
Figura 44: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte).....	52
Figura 45: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	53

Figura 46: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	53
Figura 47: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte).....	54
Figura 48: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	55
Figura 49: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI).....	55
Figura 50: Corpo rígido impactando o poste (vista frontal em corte).....	57
Figura 51: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	57
Figura 52: Desvio horizontal do topo do poste.....	58
Figura 53: Final do movimento (deformações máximas).....	59
Figura 54: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	59
Figura 55: Desvio horizontal do topo do poste.....	60
Figura 56: Deformação final.....	61
Figura 57: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI).....	61
Figura 58: Final do movimento (deformações máximas).....	62
Figura 59: Energia no tempo (Unidades no SI).....	63
Figura 60: Desvio horizontal do topo do poste.....	63
Figura 61: Final do movimento (deformações máximas).....	64
Figura 62: Energia no tempo (Unidades no SI).....	65
Figura 63: Desvio horizontal do topo do poste.....	65
Figura 64: Final do movimento (deformações máximas).....	66
Figura 65: Energia no tempo (Unidades no SI).....	67
Figura 66: Desvio horizontal do topo do poste.....	67
Figura 67: Final do movimento (deformações máximas).....	68
Figura 68: Energia no tempo (Unidades no SI).....	69
Figura 69: Desvio horizontal do topo do poste.....	69
Figura 70: Após o impacto (detalhe da deformação no solo).....	70
Figura 71: Detalhe que mostra a torção do poste mesmo no impacto direto.....	71
Figura 72: Corpo elasto-plástico impactando o poste de maneira oblíqua.....	72
Figura 73: Fase do movimento com maiores tensões.....	72
Figura 74: Início do impacto (tensões na parte visível do poste).....	73
Figura 75: Detalhe da deformação do asfalto.....	74

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Agradecimentos.....	7
Lista de Figuras.....	8
Sumário.....	10
1. Introdução.....	12
1.1. O que são as defensas metálicas (Guardrail).....	13
1.2. O problema das defensas metálicas no Brasil.....	15
1.3. Tratamento do problema por outros países.....	19
1.4. Tipos de Guardrail.....	23
2. Objetivos.....	25
3. Modelagem.....	26
3.1. Software de modelagem e simulação – Abaqus CAE.....	26
3.2. Dificuldades de modelagem.....	27
3.3. Modelagem do solo.....	27
3.4. Modelos adotados para o poste.....	30
3.4.2. Perfil em C.....	32
3.5. Modelagem do Impacto e Interações.....	34
3.6. Modelagem da Malha.....	35
3.6.1 Modelagem da malha do poste.....	35
3.6.2. Modelagem da malha do solo.....	38
4. Resultados.....	42
4.1. Perfil em H.....	42
4.1.1. Impacto direto de corpo rígido.....	42
4.1.2. Impacto direto de corpo elasto-plástico.....	45
4.1.3. Impacto oblíquo.....	47
4.1.4. Impacto Direto com maior altura fora do solo.....	49
4.1.5. Impacto Direto com maior profundidade de enterramento.....	50
4.1.6. Impacto direto com velocidade menor.....	52
4.1.7. Impacto direto com velocidade maior.....	54
4.2. Perfil em C.....	56
4.2.1. Impacto direto de corpo rígido.....	56
4.2.2. Impacto direto de corpo elasto-plástico.....	58
4.2.3. Impacto oblíquo.....	60
4.2.4. Impacto Direto com maior altura fora do solo.....	62
4.2.5. Impacto Direto com maior profundidade de enterramento.....	64
4.2.6. Impacto direto com velocidade menor.....	65
4.2.7. Impacto direto com velocidade maior.....	68
5. Discussão.....	70
5.1. Discussão das simulações.....	70
5.2. Discussão da segurança	75
6. Conclusões.....	76
7. Referências Bibliográficas.....	78
8. Anexos.....	80
8.1 Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em H.....	81
8.2. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em H.....	87

8.3. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em H.....	93
8.4. Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em C.....	99
8.5. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em C.....	105
8.6. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em C.....	111

1. Introdução

Segurança nas estradas é um uma preocupação tratada com necessidade e urgência por toda a sociedade mundial, tendo em vista os acidentes (fatais, ou não) que poderiam de alguma forma ser evitados com uma abordagem séria não somente dos governantes, como de toda a população.

A segurança em estradas e rodovias é prioridade em muitos países europeus, que adotam muitas vezes metas como “Índice zero de mortes em acidentes” e praticam políticas sérias para combater o problema.

Mesmo considerando que estes países são bem mais desenvolvidos do que o Brasil em campos básicos como qualidade de vida, saúde e educação, que devem ser prioridade, a falta de preocupação com o transporte viário no Brasil é extremamente preocupante, tendo em vista os números exorbitantes de acidentes fatais ou com vítimas seriamente feridas no trânsito brasileiro.

O problema acontece tanto dentro das cidades, com fluxo bem maior de veículos de todas as espécies, como em estradas e rodovias, que apresentam geralmente condições bastante precárias.

De acordo com a Confederação Nacional dos Transportes, há 30.000 vítimas fatais de acidentes somente nas estradas e rodovias brasileiras por ano, ou seja, são mais de 80 pessoas por dia, ou 1 a cada 18 minutos.

Reporta ainda que em apenas 30% das estradas pode-se considerar que há condições boas ou excelentes, e que se encontram quase em sua totalidade no estado de São Paulo, o que mostra uma grande desigualdade dos recursos viários no país.

Apesar de muitas vezes tratar-se de uma questão política em nosso país, a qualidade das estradas e rodovias deve ser levada com seriedade, dada a gravidade das conseqüências que são ocasionadas pela negligência que ao tema se tem dedicado.

O principal meio de transporte de carga é ainda o rodoviário, e a malha de estradas já entra em colapso, como é de conhecimento de toda a população.

É de conhecimento geral, também, que os projetos públicos de grande porte são realizados em ciclos, que seguem a periodicidade das eleições e nem sempre têm a continuidade que deveria para obter-se os resultados requeridos para uma maior segurança.

Tendo em vista a gravidade do problema, não é suficiente, apesar de extremamente necessária, uma conscientização da população para a direção defensiva e prevenção de condições adversas.

É também imprescindível uma política pública de manutenção e melhoria da estrutura da malha viária, o que infelizmente não acontece em nosso país de forma eficiente, ou ao menos com a merecida preocupação.

Dessa forma, um estudo mais aprofundado das proteções metálicas das estradas, e possível desenvolvimento de uma melhoria nas condições de proteção para todos os tipos de veículos, especialmente aqueles que expõem mais os ocupantes, como a motocicleta e trazem maior perigo para sua vida, se mostra de evidente relevância social.

1.1. O que são as defensas metálicas (Guardrail)

Guardrail é um dispositivo de proteção, contínuo, deformável, com forma, resistência e dimensões capazes de absorção gradativa cinética e re-direcionamento de veículos desgovernados. Sendo assim, é de extrema importância o conhecimento das propriedades mecânicas de seu material e de sua forma geométrica, tais como resistência, limites de tensões, principais fragilidades.

Atualmente, as defensas são fabricadas em duas partes, a parte superior consiste de uma franja longitudinal de aço galvanizado, a segunda parte é um perfil de aço em forma de H, fixado ao solo, o qual mantém as franjas longitudinais unidas entre si.

A função das defensas metálicas é não somente servir como uma proteção contra o escape dos veículos para fora da estrada, como também absorver parte da energia de impacto com a sua própria deformação, diminuindo as consequências para os ocupantes do veículo.



Figura 1: Típica defesa metálica brasileira (Guardrail)

Do ponto de vista técnico, os guardrails têm sido idealizados como um elemento necessário para a segurança passiva de nossas estradas, ajudando a prevenir que um veículo saia a toda velocidade caindo por um barranco, ou invada a pista contrária em uma rodovia.

Entretanto, o desenho dos postes perfilados em H é extremamente perigoso em casos de acidentes com motocicletas, uma vez que suas extremidades vivas representam um grande poder cortante para o corpo, quando arremessado em alta velocidade.

São, portanto, objetos de estudo, as soluções bem sucedidas que outros países - comprometidos com o aumento da segurança em estradas - encontraram para o desenho e construção das defesas metálicas em estradas e rodovias.

Dessa forma, amenizaram de maneira significativa o problema e não deixaram de oferecer proteção aos veículos de maior porte, como automóveis e até mesmo veículos de carga.

As defensas têm ainda como função o desvio dos veículos que com elas colidam, para que seja eficaz para suportar o impacto direto ou indireto sob determinadas velocidades.

O objetivo é evitar que o veículo saia da estrada de forma a evitar um sinistro de maiores conseqüências e ao mesmo tempo proteger o condutor e demais ocupantes no interior do veículo.

Além disso, com o desvio, é minimizando o impacto do veículo, ou as avarias na carroceria provocadas pelo choque do veículo contra o guardrail, como pode-se perceber pela Figura 2, em que o Guardrail deformou-se após o choque contra um veículo.



Figura 2: Guardrail deformado após desvio de veículo

1.2. O problema das defensas metálicas no Brasil

Os acidentes de trânsito no Brasil são, em sua grande parte, ocasionados pela conduta irresponsável ou desatenção dos motoristas. Todavia, o assustador número de acidentes de trânsito explicita que não seria suficiente uma política de conscientização da população, com punições, inclusive.

A conscientização não deve ser descartada; temos como maior exemplo a “Lei Seca” (alteração no Código de Trânsito Brasileiro, Lei 11.705, 19 de junho de 2008), que proíbe qualquer nível de alcoolismo para os motoristas, com punições severas em casos de flagrante e rígida fiscalização.

Depois de apenas um mês de validade da lei, o Instituto Médico Legal (IML) de São Paulo registrou uma redução de 63% no número de óbitos causados por acidentes de trânsito. Em Belo Horizonte, foram 21% a menos de acidentes e 27% menos ocorrências com mortes.

Esse é um exemplo de que a conscientização do motorista, mesmo que seja de maneira opressora, traz bons resultados e é extremamente necessária. Entretanto, não é suficiente para a redução dos acidentes de trânsito para um nível aceitável, seja nas metrópoles ou auto-estradas que cortam o Brasil.

Nelas trafegam não somente carga e mercadorias, como também milhões de veículos de passeio, tanto durante o dia, como também por todo o período noturno.

Ainda há, infelizmente, muitos motoristas que dirigem sob efeito de substâncias ilegais ligadas ao sistema nervoso para manterem-se acordados e acabam perdendo o controle do veículo, causando gravíssimos acidentes.

É nessa situação que inúmeros acidentes envolvendo defensas metálicas acontecem. Adicionalmente, os guardrails na maior parte das estradas brasileiras têm sua altura e propriedades projetadas para desviar e absorver o impacto de veículos de passeio.

Dessa forma, não são adequadas para amenizar as consequências de um desastre com veículos de grande porte, de carga ou também veículos de transporte coletivo.

Estes veículos excedem principalmente em altura a capacidade de absorção de impacto, desvio e até mesmo escape que o guardrail deveria oferecer, causando grandes tragédias.

As consequências são ainda mais graves quando se tratam de colisões em que o escape do veículo signifique uma queda em um precipício, ou invasão de pista em sentido oposto.

Em qualquer um dos casos, o acidente envolveria muitas vítimas e até mesmo desastres ambientais em caso de transporte de substâncias não-biodegradáveis ou tóxicas. Nota-se, portanto, a importância da consideração de veículos de grande porte no desenho das defensas metálicas.

Entretanto, há outra classe de veículo que é atualmente negligenciada e prejudicada pelo atual desenho dos guardrails: motocicletas. Um estudo realizado em 1988 (Quincy, R., Vulin, D., and Mounier, B., “Motorcycle Impacts with Guardrails”[2]) demonstra que uma colisão contra um guardrail com velocidade de apenas 30 km/h é suficiente para arrancar um membro ou partir a coluna vertebral. E o que é mais grave, estas barreiras de segurança provocam mais de 15% das mortes em acidentes de motocicleta, considerando inclusive colisões com automóveis mudando de faixa e colidindo com motocicletas em alta velocidade sendo, portanto, um índice altíssimo.

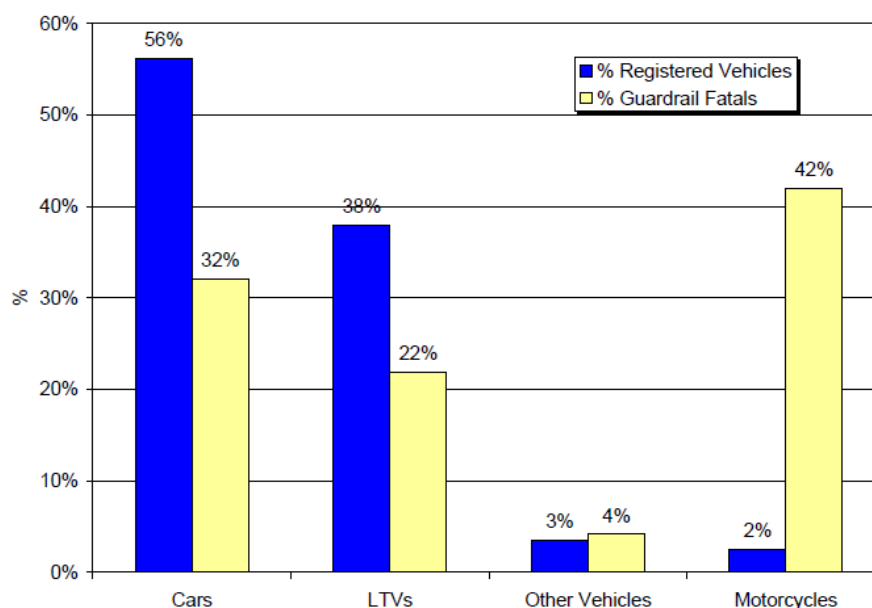


Figura 3: Acidentes fatais por tipo de veículo nos EUA x número de veículos registrados[1]

Impulsionado pelo muito crescente número de motocicletas no país, foi realizado nos Estados Unidos em 2007 um estudo segundo o qual o índice de fatalidades em acidentes contra guardrails é muito maior no caso de motocicletas [1]. Como mostra o gráfico, apesar de as motocicletas representarem apenas 2% dos veículos registrados nos Estados Unidos, representam a assustadora margem de 42% do total de fatalidades em acidentes envolvendo guardrails, como é representado no gráfico da figura 3.

Para analisar comparativamente o grau de risco e exposição entre o ocupante do automóvel e da motocicleta em uma colisão contra guardrail, calculou-se a probabilidade de, envolvido no acidente, os danos serem fatais, levando em conta também o número de ocupantes no veículo.

Chegou-se à conclusão estatística de que a probabilidade do ocupante da motocicleta sofrer conseqüências fatais é mais de 81 vezes maior do que a de um ocupante de um automóvel de passeio.

No Brasil, não foi encontrado um estudo específico sobre acidentes envolvendo guardrails. Entretanto, como comparação, foi analisado o caso dos Estados Unidos, onde apenas 2% do total de veículos eram motocicletas.

No Brasil, em 2005, elas representavam 32%, número que aumenta drasticamente a cada ano, devido a diversos fatores, como o baixo preço de aquisição, baixo custo de manutenção, um tempo de viagem muitíssimo mais baixo do que com qualquer outro veículo,

além de um aumento gigantesco da terceirização de serviços, no caso principalmente de entrega.

Muitos dos acidentes de motos que ocorrem nas rodovias têm como resultado consequências fatais para o piloto e acompanhante. Nos casos em que o corpo do acidentado se desliza pelo asfalto, o atrito o parará sem maiores consequências além da abrasão e machucados no corpo.

Isso é amenizado sempre que o piloto e seu acompanhante utilizam as indumentárias de segurança para motociclistas, como capacete integral homologado, luvas, botas de couro, traje de couro ou cordura.

No entanto, quando depois de uma queda de moto houver uma colisão do corpo do condutor e/ou do acompanhante contra uma defesa metálica ou postes de placas de sinalização, os equipamentos de segurança não têm utilidade.



Figura 4: Exposição do corpo do motociclista ao poste do guardrail, mesmo com os equipamentos de segurança[10]

As zonas mais afetadas geralmente são as extremidades do corpo como: braços, mãos, pernas, e cabeça, sofrendo traumatismos ou politraumatismos que vão desde a ruptura dos ossos, a amputação de membros ou partes do corpo e nos casos mais graves até mesmo, a colisão é um acidente fatal.

Segundo a já mencionada pesquisa realizada nos Estados Unidos[1], o índice de fatalidades em acidentes envolvendo guardrails com motociclistas independe do uso de capacete, como pode-se verificar no gráfico da figura 5 que explicita que em 55% do total

acidentes fatais envolvendo motociclistas em guardrails, estes utilizavam capacete, mas em 68% dos acidentes fatais (número consideravelmente maior) em guardrails as vítimas utilizavam capacete, o que aponta para uma constatação de que em colisões com guardrails, o uso de capacete não influencia positivamente as chances de sobrevivência da vítima, no caso inclusive, estatisticamente o uso de capacete reduz as chances de sobrevivência da vítima do acidente, uma vez que em 41% do total de colisões fatais a vítima não utilizava capacete e as fatalidades em que a vítima não utilizava capacete representam apenas 28% no caso de acidentes em guardrails.

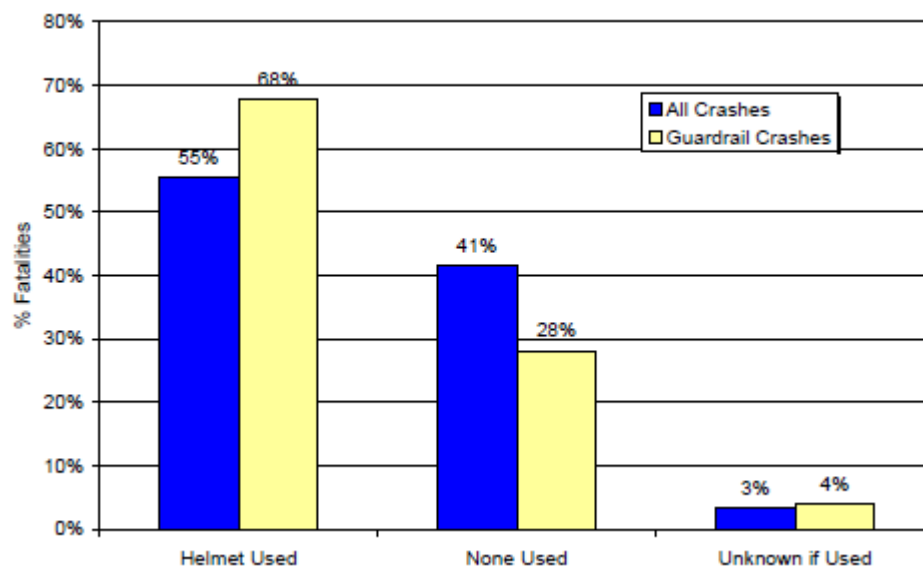


Figura 5: Ineficiência do uso do capacete em acidentes envolvendo guardrails[1]

1.3. Tratamento do problema por outros países

Na União Européia, diversos países já têm adotado várias medidas para frear este tipo de acidente que tem como resultado muitas vítimas fatais entre os usuários motociclistas.

Para isso foram projetados vários tipos de proteções para cobrir os guardrails. Entre elas as principais são barriletes, que são borbulhas de poliespan ou materiais plásticos fabricados em PVC que objetivam proteger os postes transversais com perfil em H, que são a principal causa do efeito guilhotina, ainda que não ofereçam demasiada efetividade uma vez que não evita que o piloto ou acompanhante seja introduzido por baixo do guardrail, apenas evita que a vítima seja cortada pelo perfil do poste.



Figura 6: Barriletes de Poliespan[10]



Figura 7: Proteção dos postes de um guardrail[10]

Também existem outras proteções que vão desde a proteção completa da parte inferior do Guardrail ou "doble bionda", constituído de diversos materiais, como o poliuretano, madeira, plástico.

Até agora, este sistema mostra-se o mais eficiente disponível, uma vez que no caso de um acidente, o corpo do piloto ou do passageiro não penetra a parte inferior do guardrail e, em seguida, golpear-se violentamente contra o perfil vertical em H, sofrendo as gravíssimas consequências anteriormente citadas.



Figura 8: Sistema de proteção na Itália[10]

O sistema descrito pela figura 8 é uma tentativa italiana de evitar uma atuação negativa dos sistemas de proteção nas estradas contra os motociclistas, como acontece atualmente com os guardrails no Brasil, com postes com seção transversal em H, que apresentam, como já descrito, um potencial efeito cortante, extremamente perigoso para vítimas de colisões contra defensas metálicas.

Há também as soluções em materiais não metálicos, como é o caso descrito pela figura 9, de uma solução implementada na França, de cobertura total da área pela qual haveria o escape da vítima por baixo do perfil em W.



Figura 9: Sistema anti-saída na França

Os resultados das provas obtidas com o sistema SPM-S4 no centro de homologação de cidaut com os valores no índice H.I.C. (Head Injury Criteria - Critério de Lesões na Cabeça), que varia dentro de um valor de 1 a 1000. O sistema tem como resultado um valor de 178 para o choque contra o pilar e um valor de 93 para o impacto no centro do vão, estando dentro dos limites correspondentes à classe mínima de segurança (nível i). Este sistema é ilustrado pela figura 10.



Figura 10: Sistema SPM-S4 em laboratório



Figura 11: Sistema SPM-S4 aplicado

Os países europeus, apesar de terem, em números absolutos e também percentuais, muito menos motocicletas do que o Brasil, ou Estados Unidos, mostram-se muito mais preocupados com a questão da segurança dos guardrails.

Dessa forma, é proposto um estudo de viabilidade tecnológica e financeira para a adequação de guardrails a padrões de segurança viária aos motociclistas, uma vez que são os mais expostos a ferimentos.

1.4. Tipos de Guardrail

Temos, em nossas estradas, diferentes tipos de defensas, com diferentes propostas de funcionamento, vantagens, desvantagens e custos. Podemos, entretanto, destacar dois tipos principais: as defensas metálicas e as defensas de concreto.

Até então, foi descrita a defesa metálica, que apresenta grandes deformações frente a colisões com veículos e desvia de maneira estratégica o veículo.

Há, também, as defensas em concreto, que têm como principal objetivo bloquear o veículo, geralmente porque há condições perigosas em caso de escape do veículo, como acontece em uma via de mão dupla, em que o escape do veículo para a contra-mão resultaria em um desastre com muitos outros veículos, dependendo da movimentação da via e do horário.

Entretanto, esse tipo de defesa não se deforma e, conseqüentemente, não cumpre com alguns dos principais objetivos dos guardrails, que minimizam conseqüências humanas e

materiais do acidente, uma vez que, sem deformar-se, absorve uma quantidade de energia de uma ordem de grandeza que não se compara com uma defesa metálica.



Figura 12: Defesa de concreto

2. Objetivos

Todo o projeto visa, de maneira tecnológica e científica, contribuir com uma melhoria na segurança do sistema viário brasileiro.

Dessa forma, podemos notar dois possíveis focos para estudo dos guardrails: a alta periculosidade que a configuração atual dos postes dos guardrails representa para os motociclistas e a falta de segurança contra escape das estradas de veículos de grande porte.

É necessário também avaliar alternativas de um custo acessível para a realidade do país, dado que há, sim, alternativas de guardrails que resolvem ambos os problemas, mas custam caro não somente por conter muito mais material, como por ter uma fabricação complexa.

Assim, o foco do trabalho é a avaliação de um perfil menos nocivo a um corpo humano que venha a chocar-se contra o poste.

3. Modelagem

3.1. Software de modelagem e simulação – Abaqus CAE

O software utilizado para a modelagem é o Abaqus CAE, que é um software de simulação baseado em elementos finitos. Grande parte do tempo de trabalho foi dedicado ao treinamento em Abaqus, para a ambientação com a sua interface, características e ferramentas de modelagem.

A modelagem no Abaqus é feita em etapas, desde o desenho de cada peça, caracterização do material, realização da montagem, definição das condições de contorno, cargas às quais o modelo é submetido, criação da malha, realização da simulação e verificação dos resultados[9].

O Abaqus, portanto, mostra-se como um software de apoio extremamente eficiente e completo para apoiar a modelagem e o estudo dos postes das defensas metálicas.

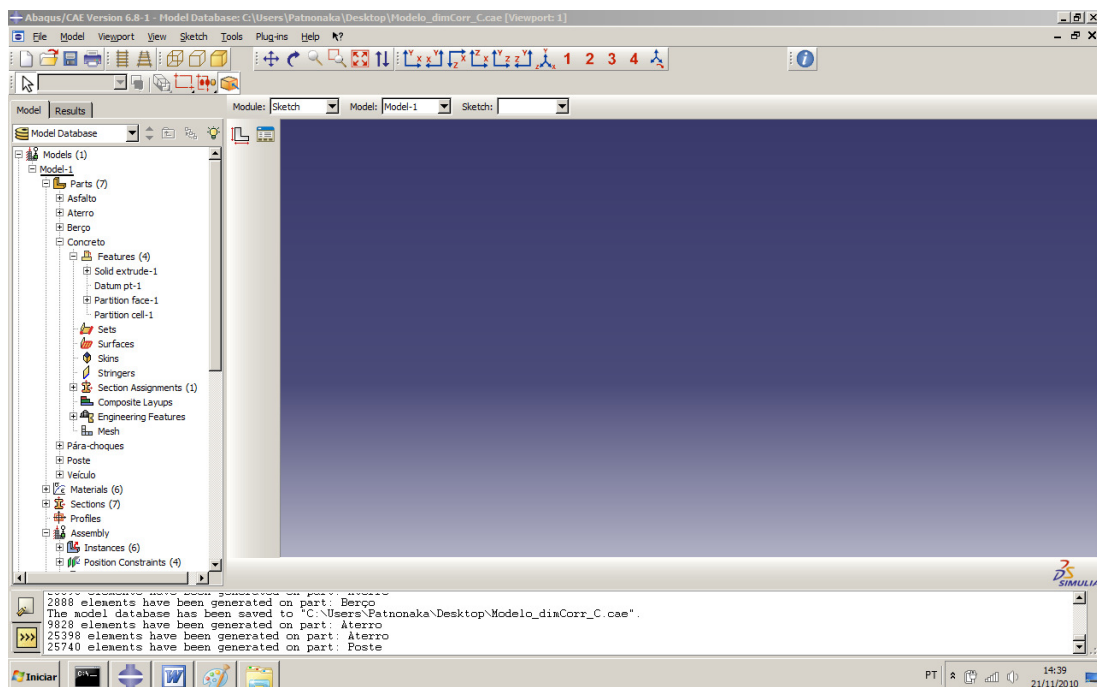


Figura 13: Interface do Abaqus (Software de MEF)

3.2. Dificuldades de modelagem

A grande dificuldade encontrada na modelagem dos postes do guardrail foi a sua interação com o solo. Primeiro por se desconhecerem, a princípio, as características do solo em que o poste do guardrail é enterrado, ou qual a profundidade, ou o tipo de interação que se observa. Em alguns países, inclusive, a ligação ao solo se dá com o engaste do poste em uma plataforma parafusada ao solo.

Os dois perfis analisados foram com mesma carga de impacto, construídos com as mesmas dimensões máximas, espessura e material, com o intuito de comparar suas performances e balancear uma eventual diferença com a segurança que um perfil em C ofereceria.

3.3. Modelagem do solo

A pavimentação de rodovias é realizada de maneiras diferentes em cada país, de acordo com as condições às quais são sujeitas, tais como clima (temperatura, pluviosidade), ou que massas que trafegam sobre elas.

No Brasil, as autoridades de trânsito não têm um canal para divulgação de informações específicas (apesar da simplicidade de seu caráter como profundidades e materiais de composição) como estas. Dessa forma, na modelagem, foram considerados dados somente de estudos brasileiros sobre preparação do solo para leitos carroçáveis.



Figura 14: Revestimento de via

O modelo se constitui de quatro camadas: revestimento asfáltico, concreto, aterro e berço.

A primeira camada, o revestimento asfáltico, é de aproximadamente 5cm de espessura. É comumente constituída de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), mas também pode conter outros materiais. Na análise, é considerada pura, e suas propriedades elásticas são um módulo de elasticidade de 415MPa e coeficiente de Poisson de 0,22. Seu peso específico é de 20kN/m³.

A segunda camada, o concreto, é de aproximadamente 15cm de espessura, e sua constituição depende das condições em que é preparado. Entretanto, é considerado na análise como um material homogêneo, cujas propriedades elásticas são um módulo de elasticidade de 150MPa e coeficiente de Poisson de 0,22. Seu peso específico é de 25kN/m³.

A terceira camada, o aterro, tem uma profundidade de 90cm e é constituída de areia, e pode ser bastante heterogênea. Entretanto, será considerada uma camada homogênea e compacta de areia, com módulo de elasticidade de 80MPa e coeficiente de Poisson de 0,26; o peso específico considerado foi de 18kN/m³.

A quarta camada, o berço ou base, também constituído de areia, foi modelado com a mesma constituição e propriedades do aterro.

A parte modelada do solo, portanto, será uma cobertura de raio de 5m do centro da seção do poste estudado; a interação entre as camadas do solo foi considerada de atrito simplesmente.

Foi também modelada uma restrição de engaste na superfície inferior da última camada.

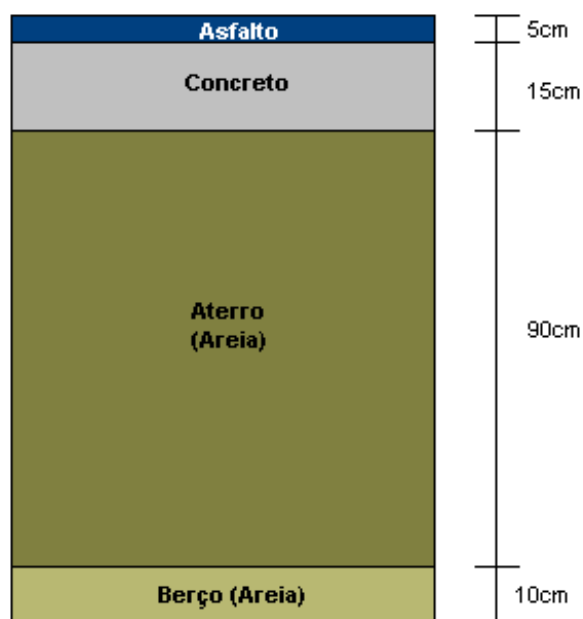


Figura 15: modelagem das camadas do solo

As propriedades mecânicas utilizadas nesta análise são as sugeridas por Silva, R. M. S., Lages, E. N., Ferreira, F. M. G., Ramos, V. C. L., 2004. “Modelagem de Dutos Enterrados sob Condição de Vala Utilizando o Método dos Elementos Finitos”[33]. e estão listadas na tabela abaixo.

O critério de plasticidade utilizado é o de Von Mises, modelando a plasticidade isotrópica que foi considerada, com os limites de escoamento da tabela quando submetidos a compressão.

Parâmetros	Unidade	Berço (Areia)	Aterro (Areia)	Concreto (sob compressão)	Asfalto
Módulo de elasticidade	kN/m ²	80.000	80.000	150.000	415.000
Peso específico	kN/m ³	18	18	25	20
Coeficiente de Poisson	-	0,26	0,26	0,22	0,22
Limite de Escoamento	MPa	57	57	410	135

Tabela: Propriedades das camadas do solo

3.4. Modelos adotados para o poste

A altura do poste acima do nível do asfalto, assim como a profundidade de enterramento são muito variáveis, e dependem do local em que o poste será utilizado, das especificações de cada fabricante, de que tipo de franja será fixado a ele, ou se é uma defesa para pontes, que é completamente diferente.

Para a simulação, foi selecionada uma opção entre várias oferecidas por um fabricante, por fornecer um catálogo mais detalhado.

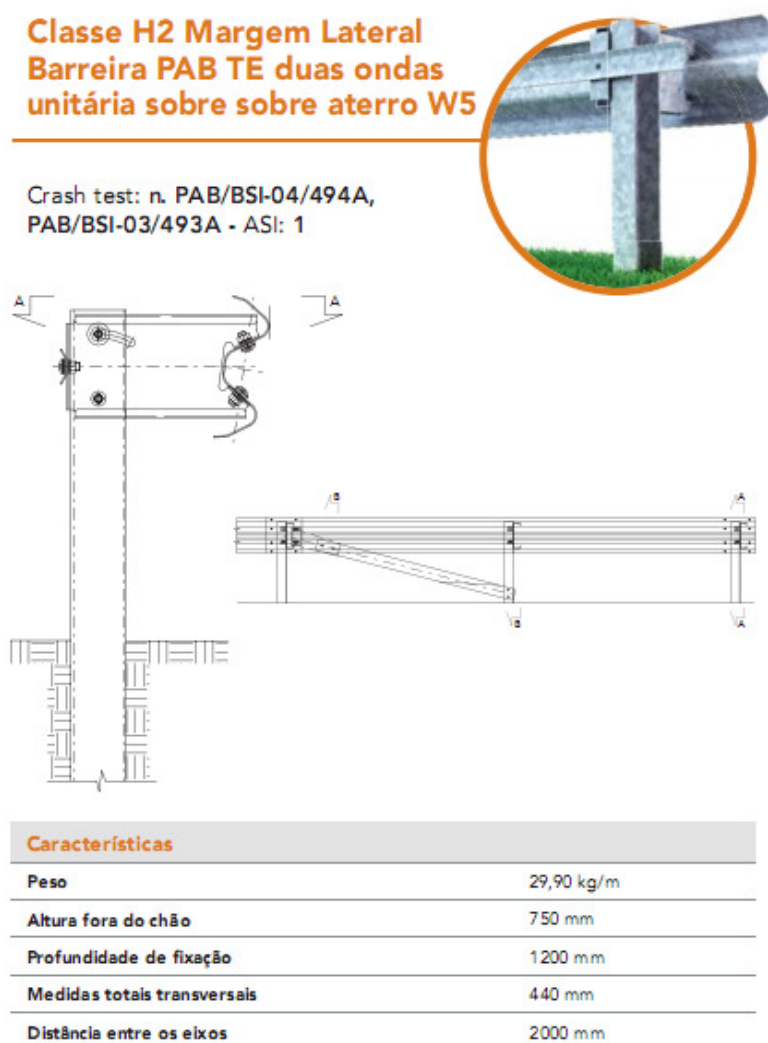


Figura 16: Especificações de Altura e Profundidade

3.4.1. Perfil em H

O primeiro perfil analisado foi o perfil em H, o tipo mais comum no Brasil, que até então tem sido criticado por sua não-conformidade com a segurança do motociclista que se acidenta contra o guardrail, por seus cantos vivos.

Pode-se verificar a construção do poste com perfil em H na figura 12, em que fica evidente a periculosidade do perfil para uma pessoa arremessada em alta velocidade contra um poste com tal seção transversal, como é o caso das defensas metálicas no Brasil.

Dessa forma, deve-se levar em consideração na análise dos resultados a validade ou não de uma eventual boa performance deste perfil nas simulações, uma vez que sua periculosidade para condutores de veículos mais frágeis é objeto deste estudo e deve ser evitada.

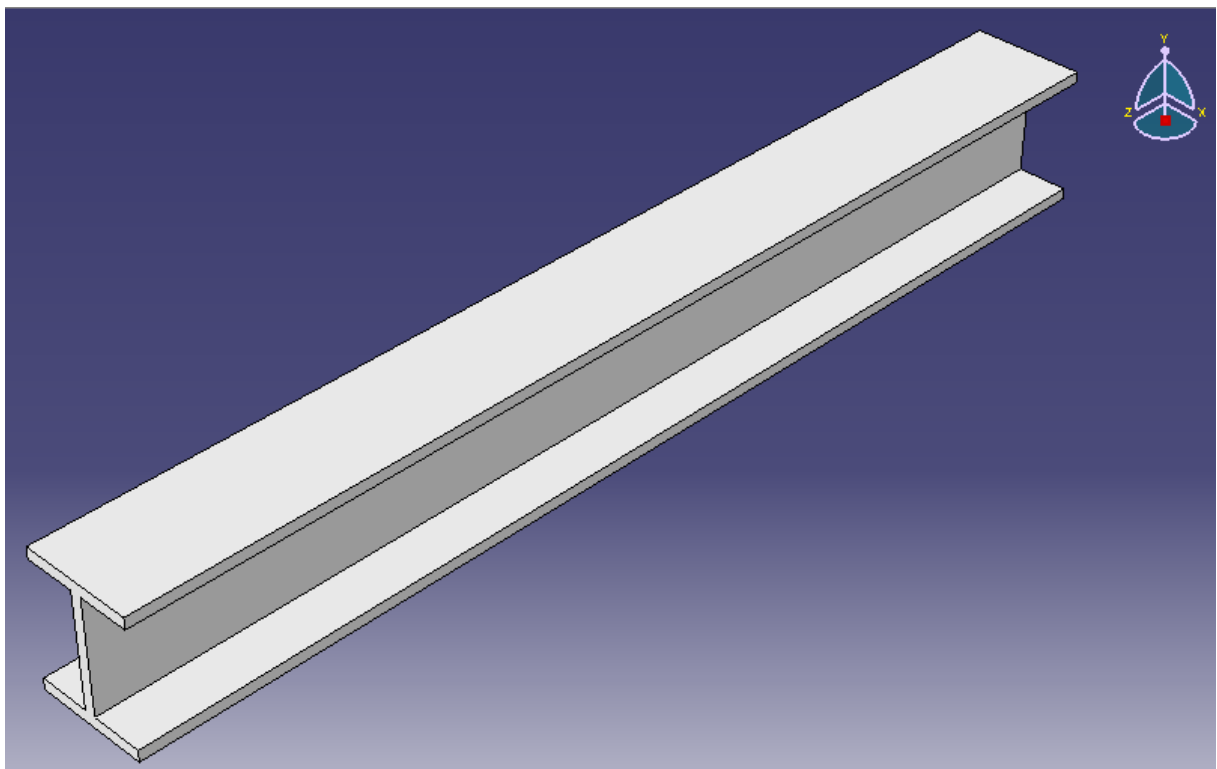


Figura 17: Modelagem do poste em H

Apesar de o material dos postes dos guardrails variar, dependendo do fabricante, estes foram modelados com uma constituição de aço (Módulo de elasticidade de 210GPa, massa específica de 7860 kg/m³, coeficiente de Poisson de 0,3 e limite de escoamento de 210MPa, adotando o critério de Von Mises de plasticidade isotrópica).

As dimensões da seção transversal modelada apresentam-se na figura abaixo, em metros, levando em conta a instrução do fabricante das dimensões totais da Seção Transversal.

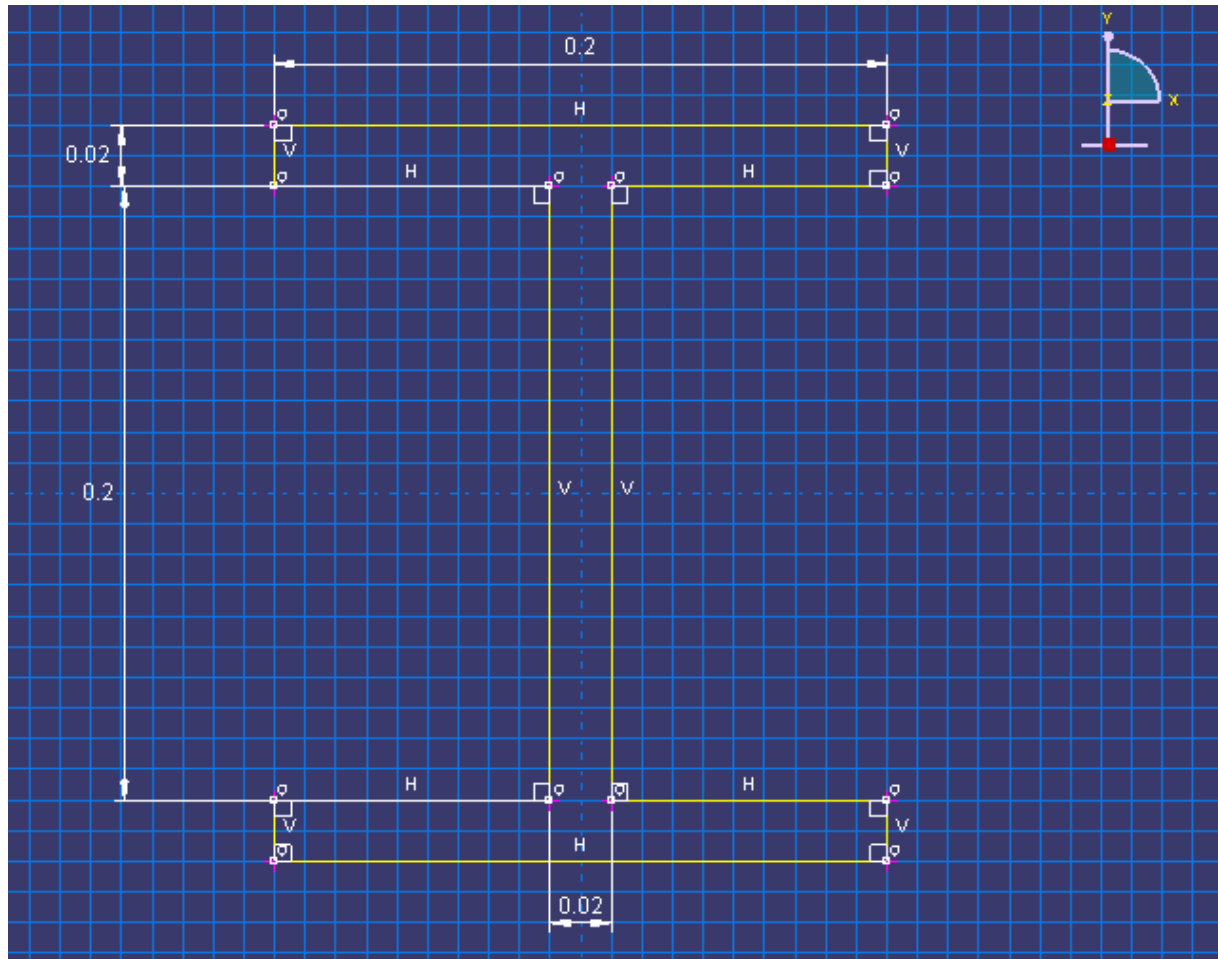


Figura 18: Dimensões da seção transversal da seção transversal em H

3.4.2. Perfil em C

O perfil proposto por muitas literaturas como alternativa aos danos e à falta de segurança oferecidos pelo perfil em H é o perfil em C, que é mais fechado, mas de baixa complexidade em sua construção, e gastos com materiais.

Pode-se visualizar o modelo do perfil em C na figura 13. Verifica-se que apesar de não cobrir todos os cantos vivos, e ser apenas parcialmente fechada, a seção transversal em C é bem menos agressiva com um corpo frágil que se choque com o poste em alta velocidade,

como um motociclista, por exemplo. Verifica-se, também, que a seção é razoavelmente simples.

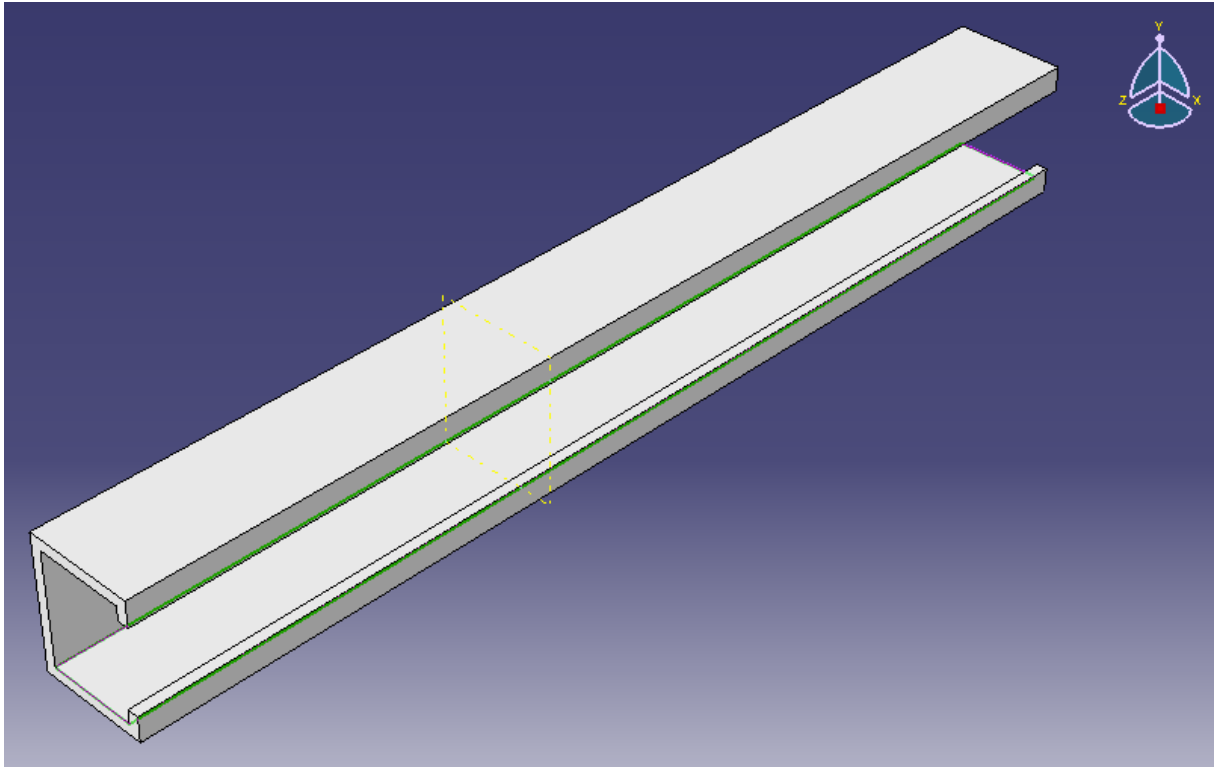


Figura 19: modelagem do poste em C

Os postes foram modelados com uma constituição de aço 1020, apesar de variar de fabricante para fabricante.

As dimensões da seção transversal modelada apresentam-se na figura abaixo, em metros, levando em conta a instrução do fabricante das dimensões totais da Seção Transversal.

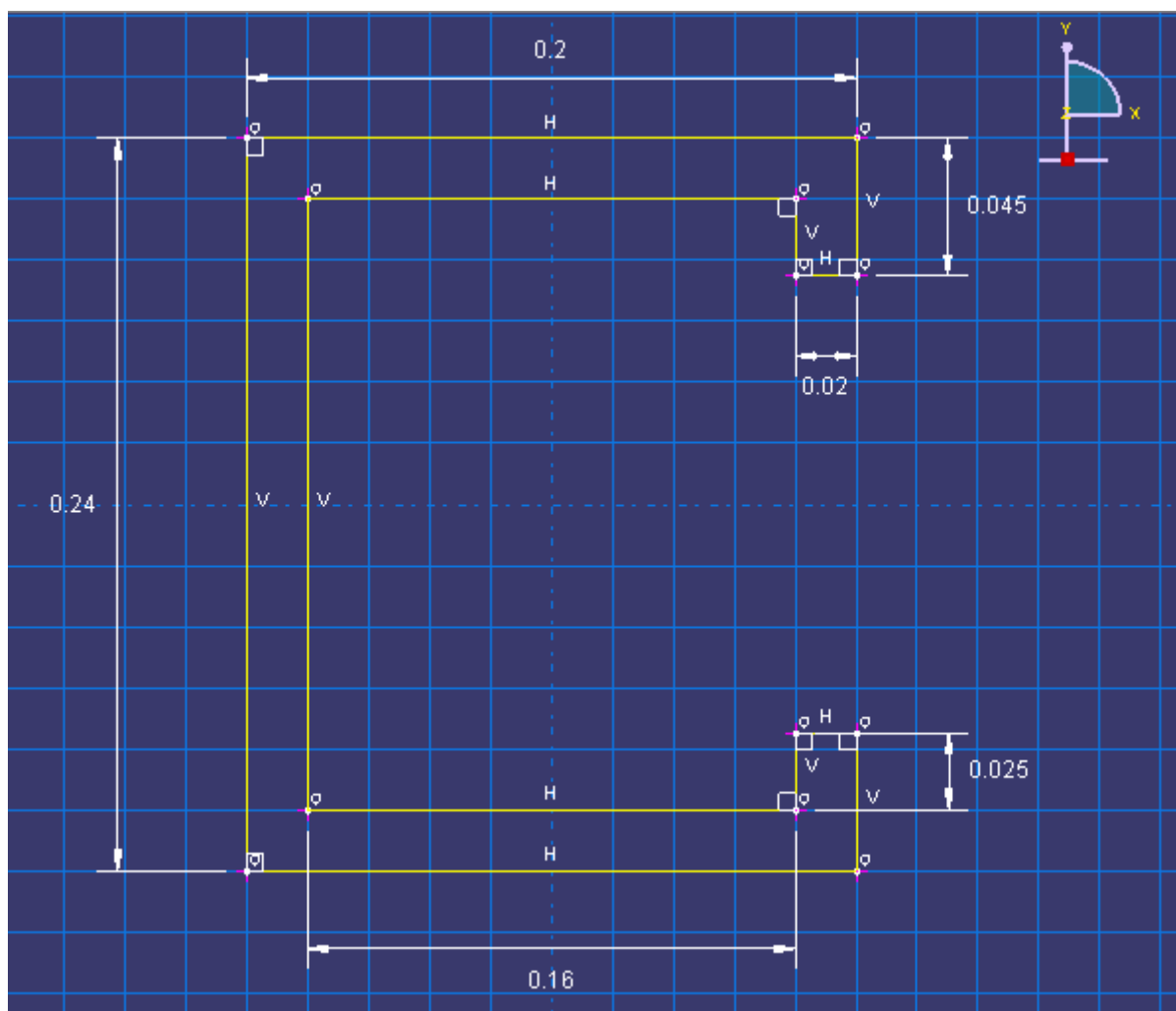


Figura 20: Dimensões da seção transversal do perfil em C

3.5. Modelagem do Impacto e Interações

Foi modelado um impacto de um corpo maciço de massa de 20.000kg (um caminhão, considerando que este seria o caso mais extremo a ser considerado por um guardrail) e propriedades elásticas do polipropileno, material polimérico que compõe a maior parte dos pára-choques em automóveis populares e SUVs esportivas.

A velocidade considerada foi de 30m/s (uma velocidade coerente com a praticada em uma rodovia) no caso do impacto direto e 20m/s na direção x e y, uma resultante de aproximadamente 28m/s, no caso de um impacto oblíquo.

A modelagem das interações entre os corpos (veículo-poste, poste-camadas do solo, camadas do solo entre si) foi realizada tomando em conta apenas a parte dinâmica (atrito).

Não foram modeladas as interações térmicas entre os objetos e o tempo total de monitoramento da colisão foi de 0,01s, com 20 passos de aproximadamente 0,0005s.

3.6. Modelagem da Malha

3.6.1 Modelagem da malha do poste

A malha mais detalhada é a do poste da defesa metálica, que apresenta aproximadamente 25.000 elementos. Estes são todos cúbicos, de 1cm de lado cada.

3.6.1.1. Perfil H

No perfil em H, com o padrão de elementos cúbicos com 1cm de lado, a malha modelada tem 23.400 elementos.

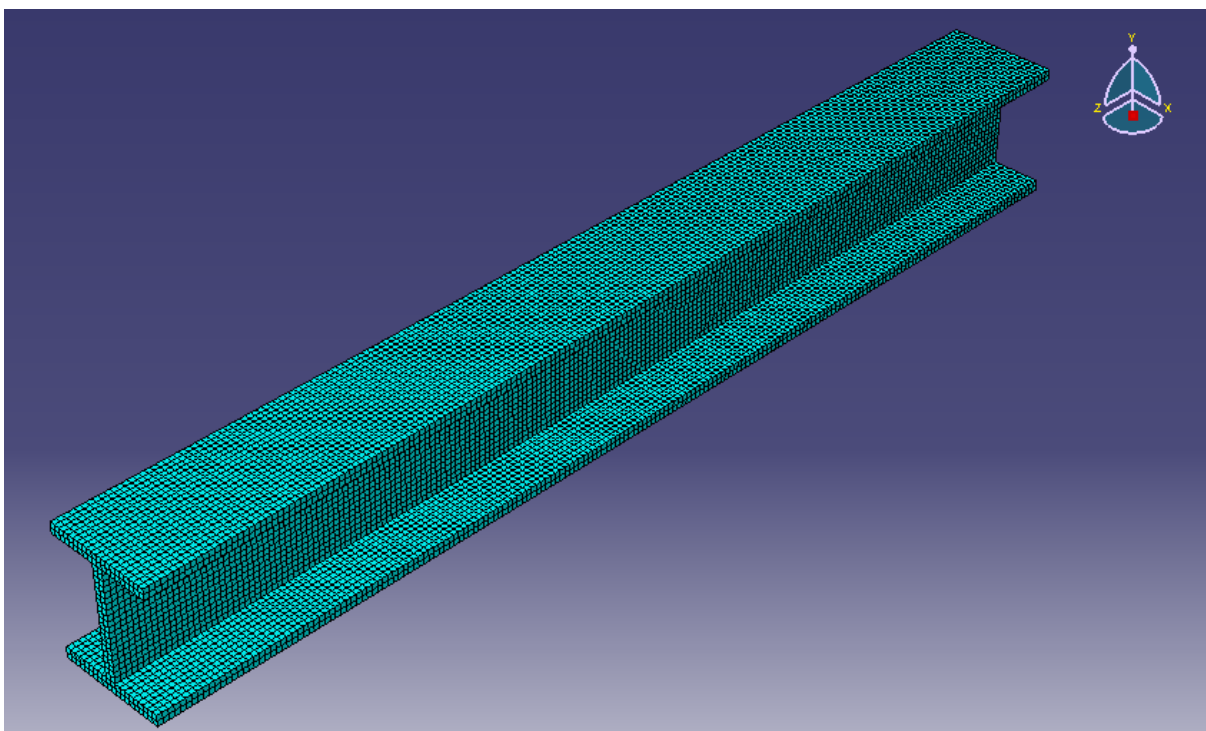


Figura 21: Modelagem da malha do poste em H

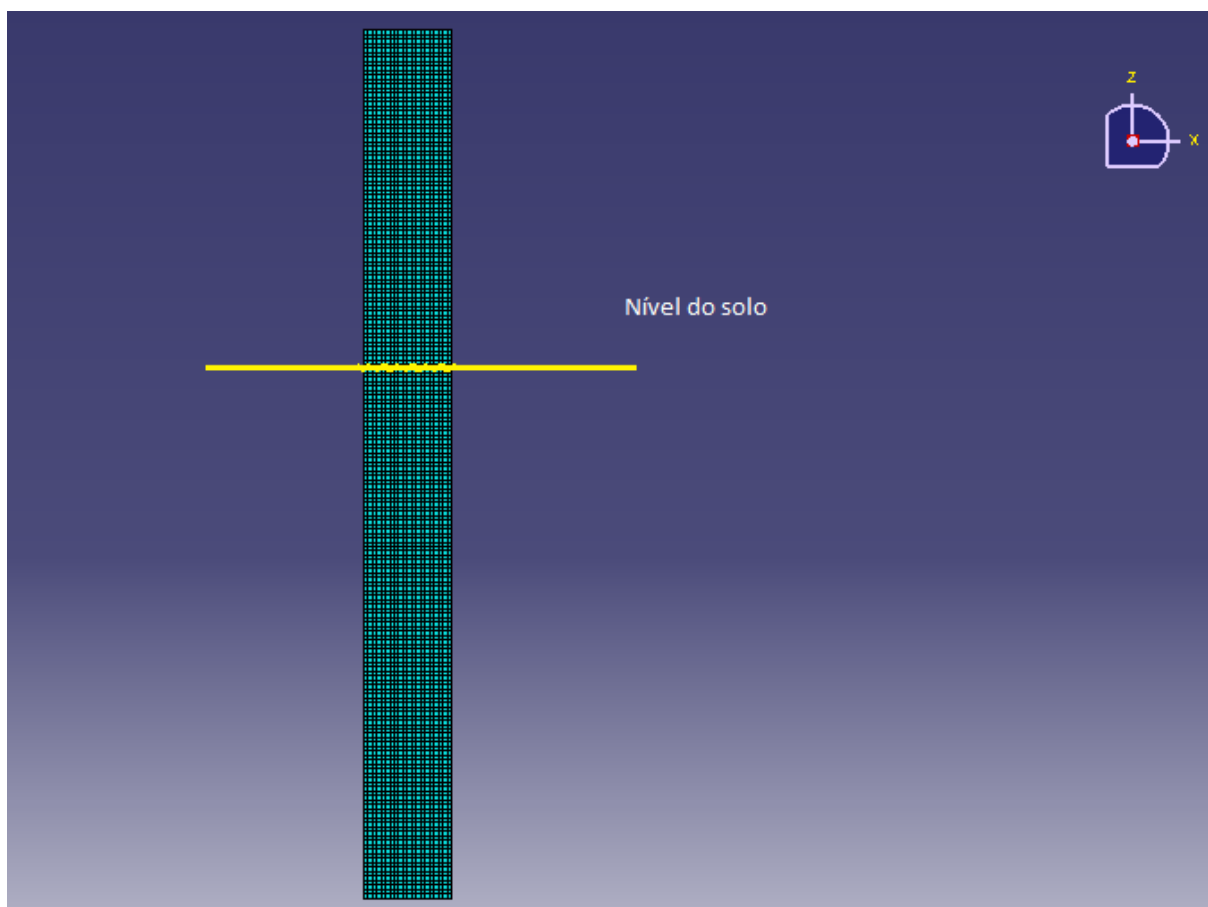


Figura 22: malha do poste (detalhe do nível do solo)

3.6.1.2. Perfil C

No perfil em C, com o padrão de elementos cúbicos com 1cm de lado, a malha modelada tem 25.740 elementos.

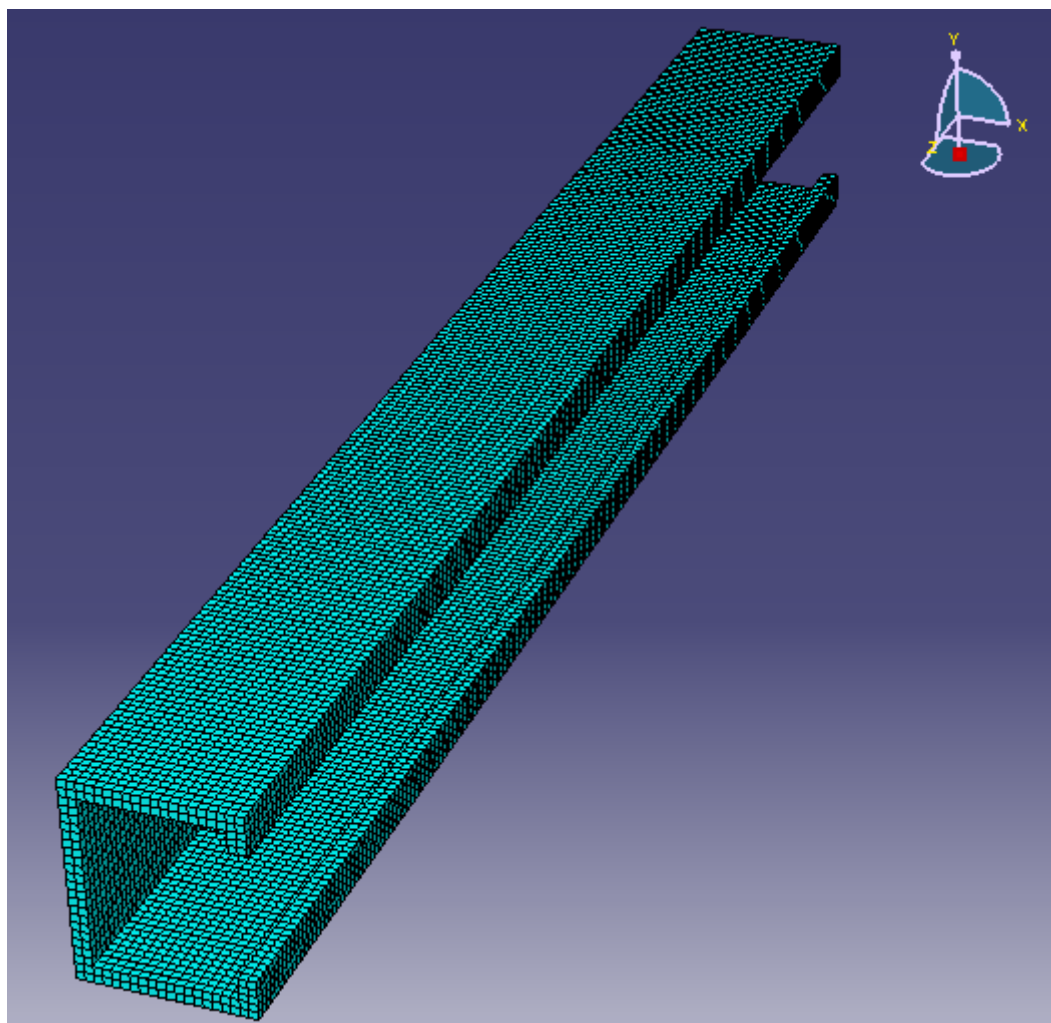


Figura 23: Modelagem da malha do poste em C

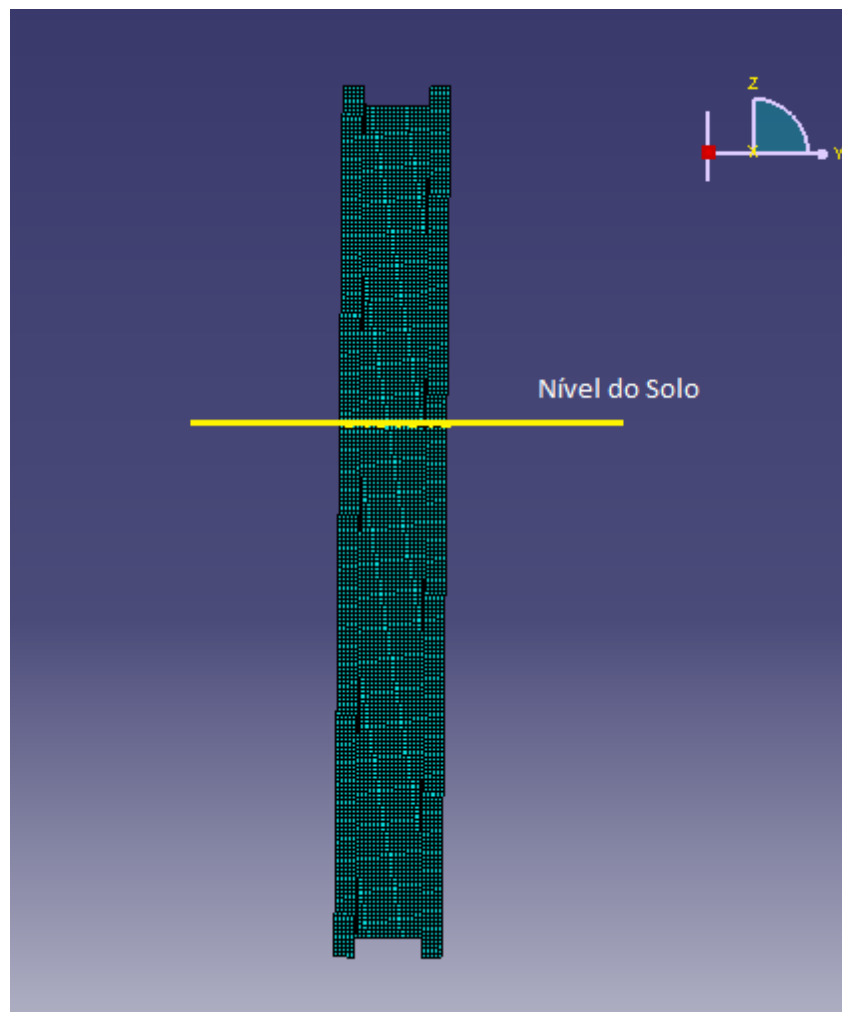


Figura 24: malha do poste (detalhe do nível do solo)

3.6.2. Modelagem da malha do solo

A malha do solo, por não ser o objeto foco das análises, é menos detalhada, mas ainda assim, é composta de aproximadamente 34.000 elementos.

Por ser modelada como uma série de camadas cilíndricas, com um furo exatamente no meio com o formato do poste, cobrindo uma área muito grande (um raio de 5m em torno do poste do guard-rail, que tem como maior dimensão na seção transversal 24cm), a malha foi modelada bem mais refinada nas proximidades do contato com o poste.

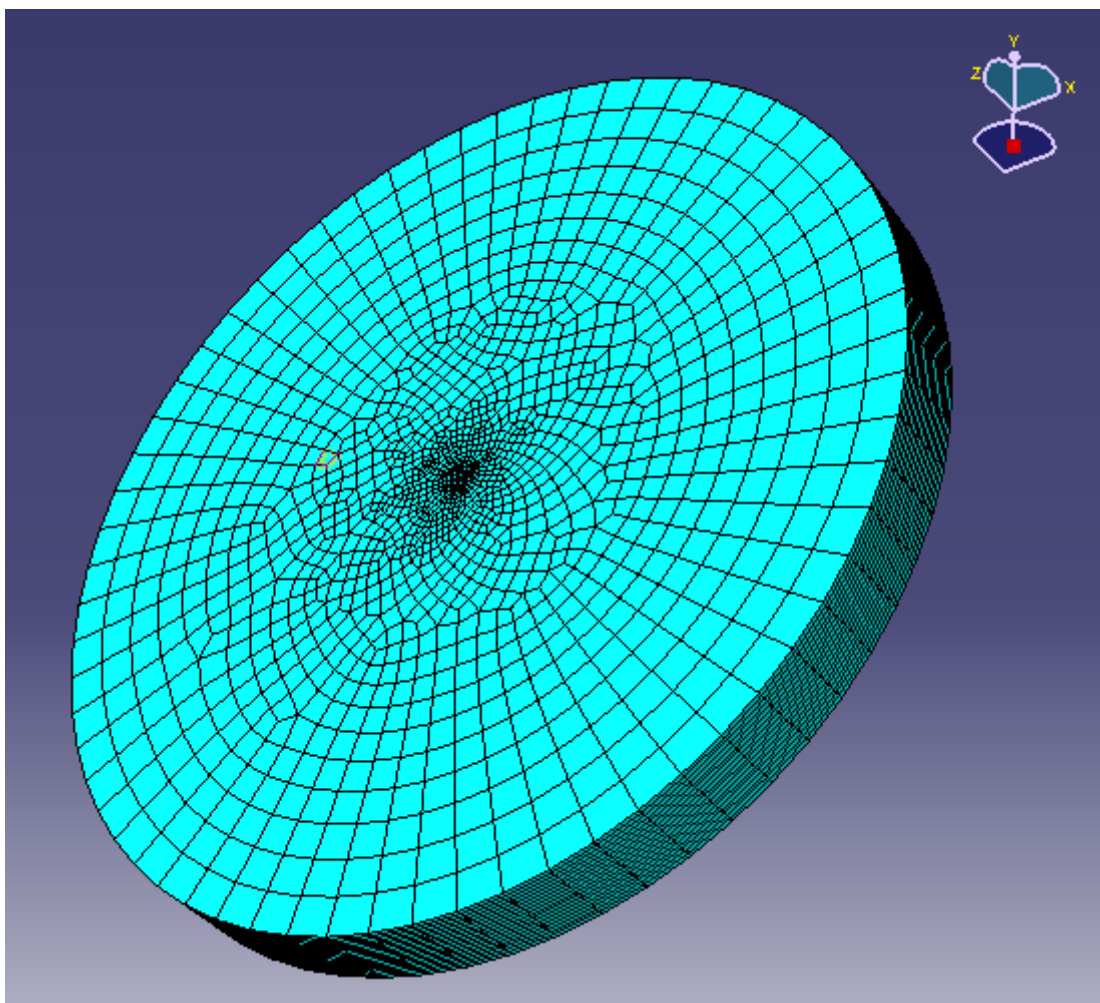


Figura 25: Modelagem da malha do solo

O número de elementos gerados para cada camada de solo foi:

Camada	Perfil H	Perfil C
Asfalto	1.401	1.412
Concreto	4.266	4.161
Aterro	25.182	25.398
Berço (Base)	2.894	2.888

Tabela 1: Número de elementos gerados em cada camada do solo

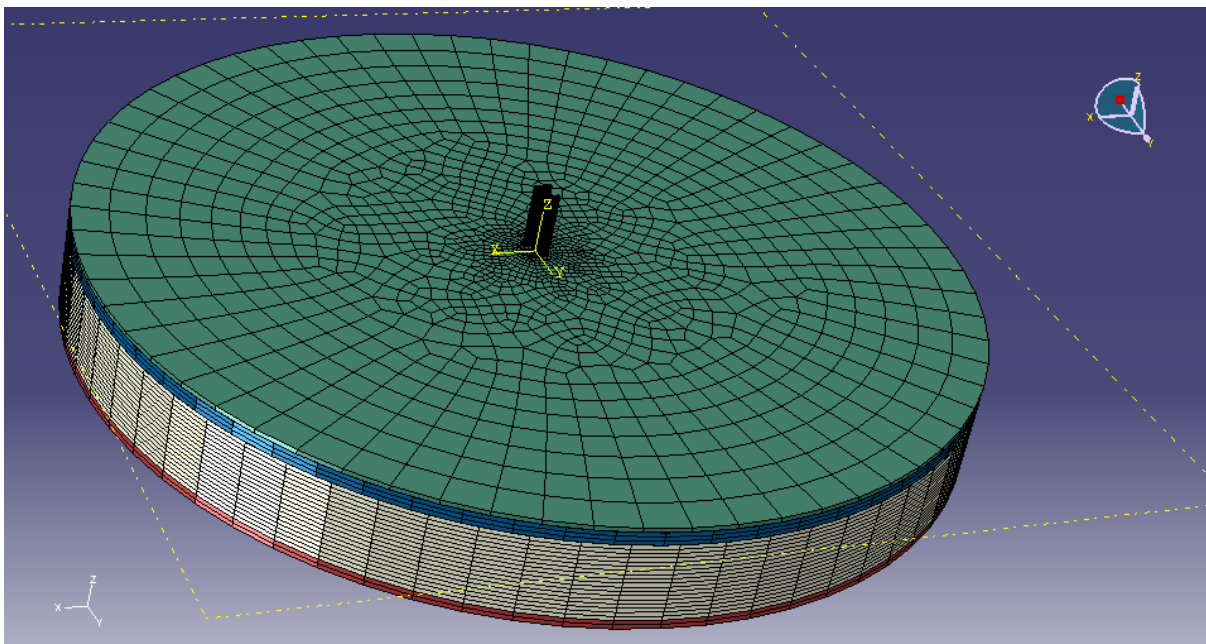


Figura 26: Malha do solo com o poste

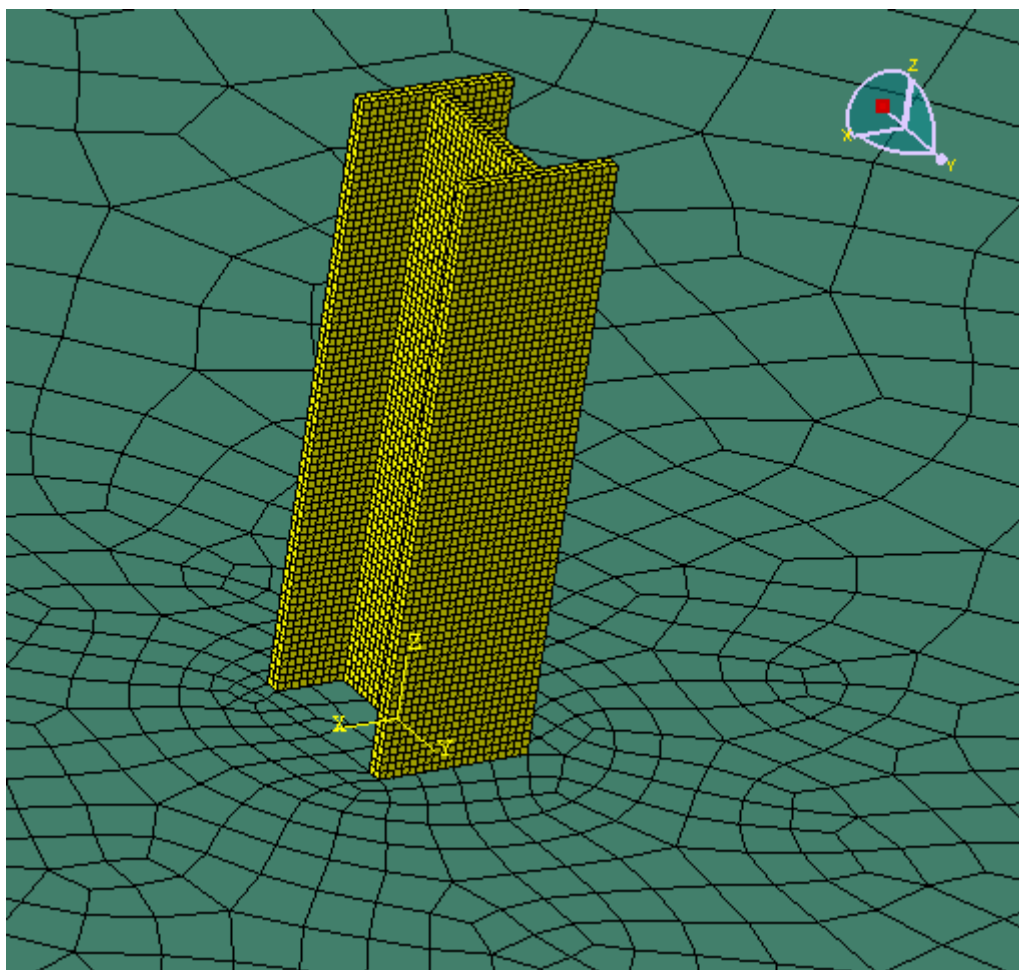


Figura 27: Malha do poste enterrado

3.6.3. Massa de Impacto

A massa que é chocada contra o poste para a análise deste não é foco da discussão proposta pela análise. Dessa forma, a malha modelada para o veículo é com elementos de 10cm de lado, resultando em uma malha de apenas 2.000 elementos.

Foi considerada uma densidade muito alta, para que o corpo tivesse a massa próxima à de um caminhão, e propriedades elásticas e plásticas do Polipropileno, por ser o material que compõe os pára-choques dos veículos.

4. Resultados

4.1. Perfil em H

Para o modelo do poste perfilado em H, foram obtidos resultados para impactos diretos de corpo rígido, de corpo elasto-plástico (com diferentes posicionamentos e velocidades de choque) e um impacto oblíquo.

As simulações foram realizadas em ambiente de monitoramento de tensões e energia envolvida em todo o modelo considerado, inclusive no solo, e no corpo que impacta o poste. Entretanto, em todos os casos, as maiores tensões encontram-se no poste, na interação com o asfalto (a primeira camada do solo), ou com o próprio corpo que o impacta.

Para o perfil em H foram executadas cinco simulações:

- Impacto direto de corpo rígido
- Impacto direto de corpo elasto-plástico
- Impacto oblíquo de corpo elasto-plástico
- Impacto direto com uma altura fora do solo maior do que a recomendada
- Impacto direto com profundidade de enterramento maior que a recomendada

4.1.1. Impacto direto de corpo rígido

A simulação do impacto direto de corpo rígido foi realizada com o choque do corpo maciço contra o poste, na linha principal e mais resistente da seção transversal, modelado com a restrição de corpo rígido.

As maiores tensões observadas foram da ordem de 1MPa.

Dessa forma, não foram observadas grandes deformações nos corpos em questão e as tensões observadas são maiores no contato do poste com o asfalto.

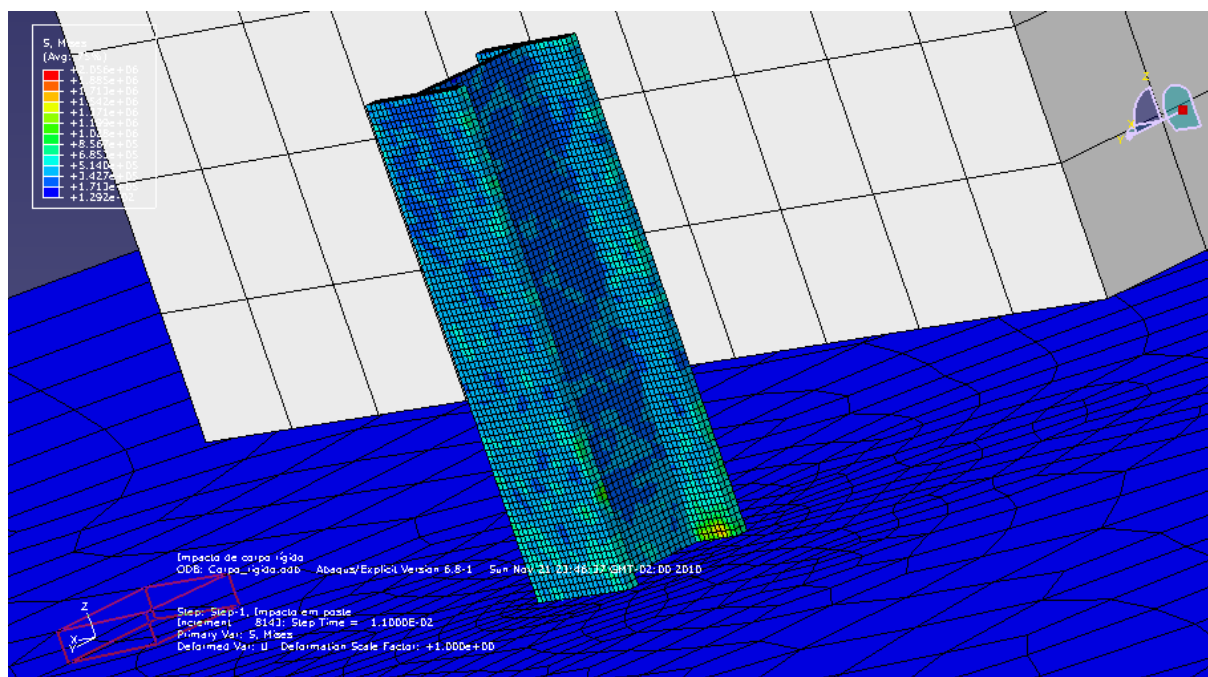


Figura 28: corpo rígido impactando o poste

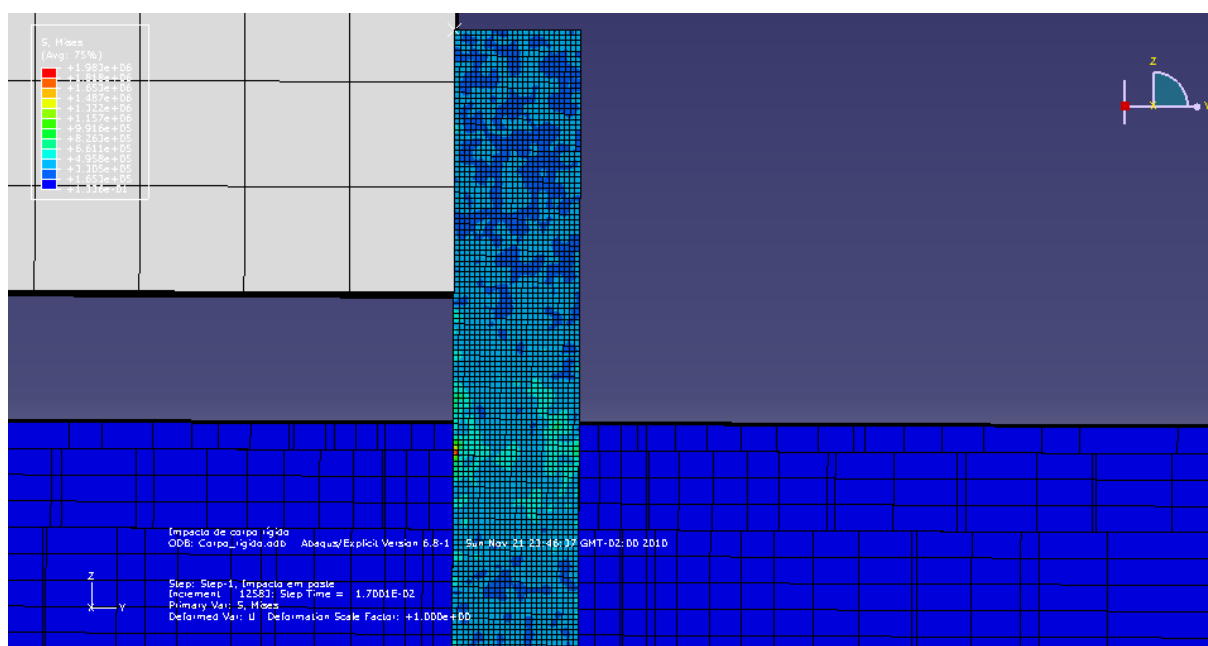


Figura 29: Corpo rígido impactando o poste (vista frontal em corte)

A monitoração da energia total do modelo foi plotada no gráfico da figura 30:

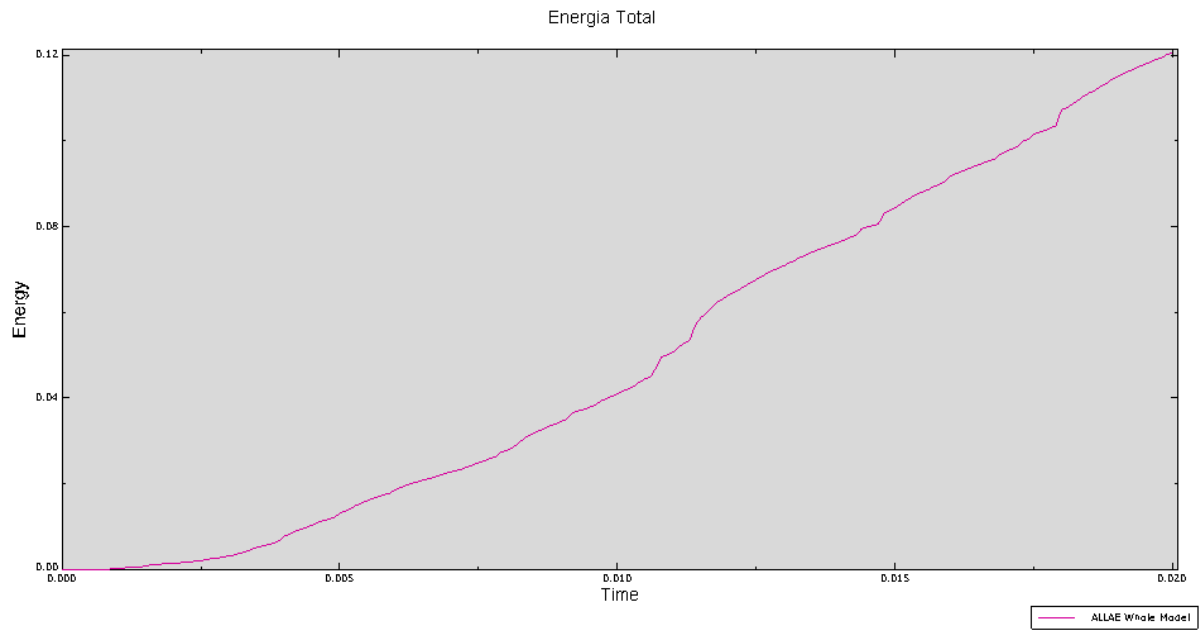


Figura 30: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

Não se observa desvio horizontal significativo, apenas pequenas oscilações da ordem de micrômetros, como é ilustrado na figura abaixo.

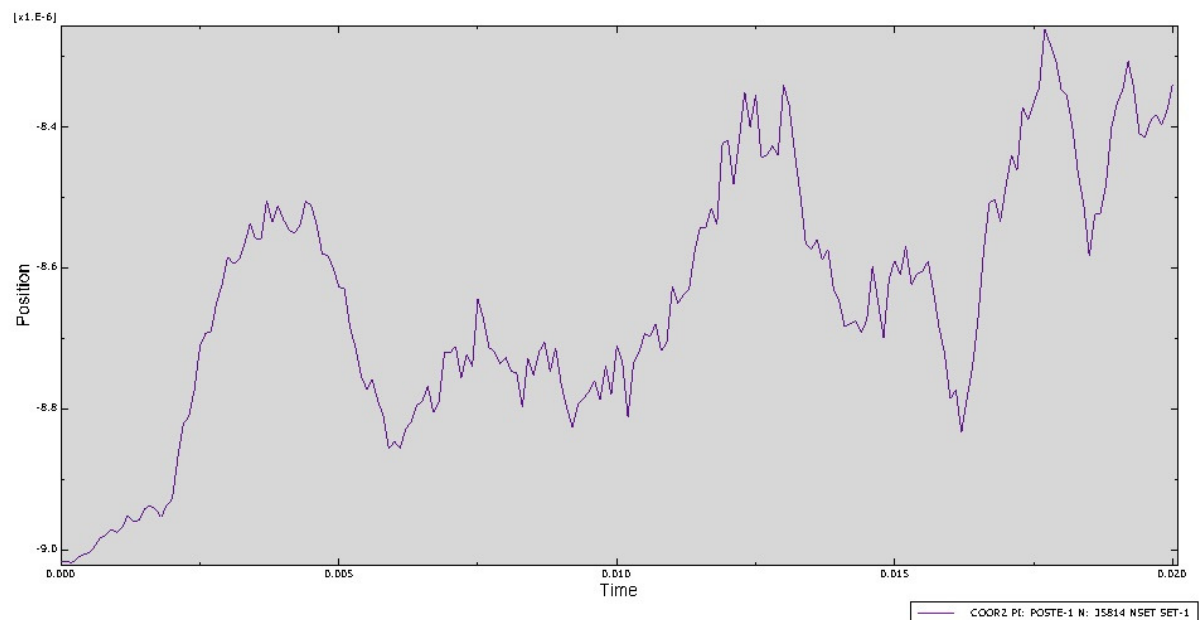


Figura 31: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.2. Impacto direto de corpo elasto-plástico

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

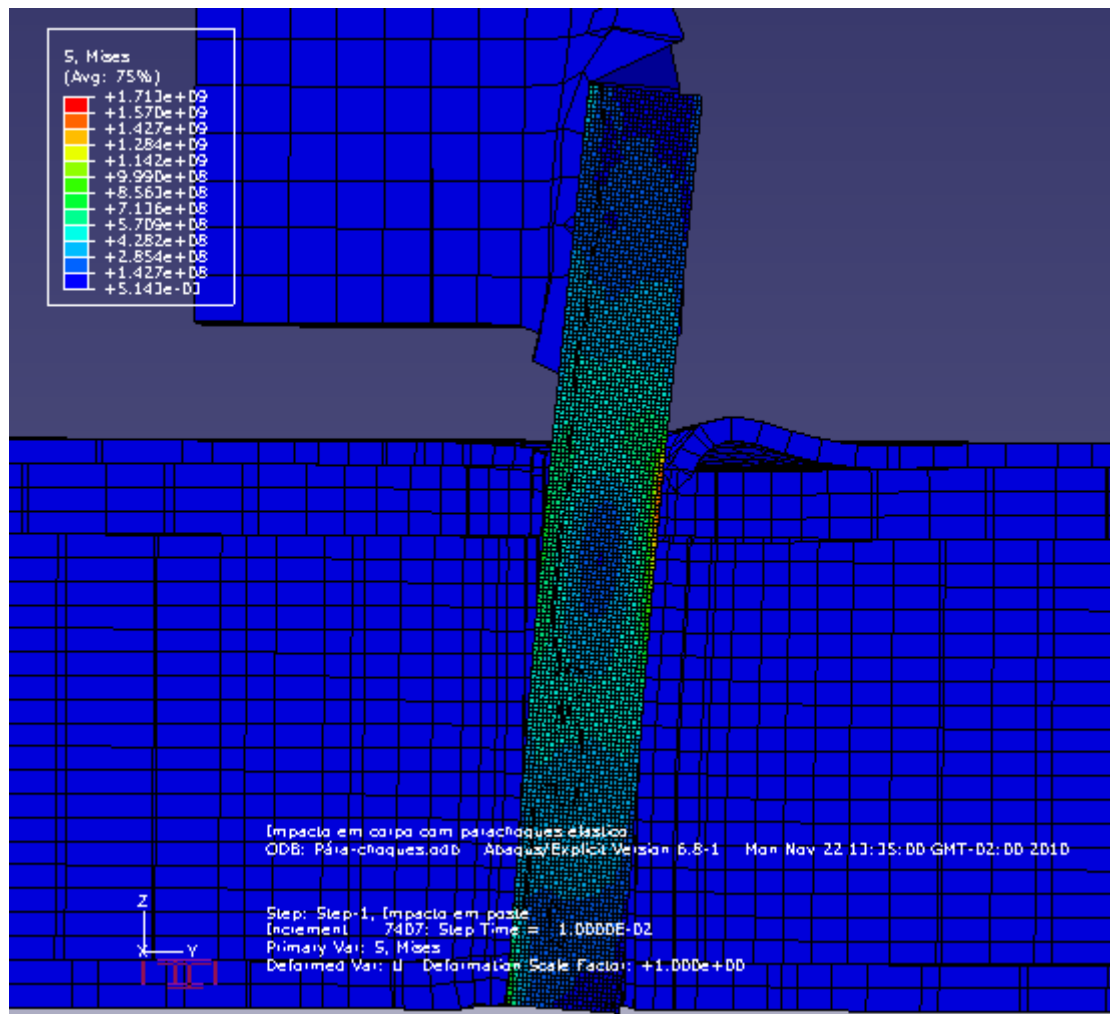


Figura 32: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte)

A monitoração da energia total do modelo foi plotada no gráfico da figura 33:

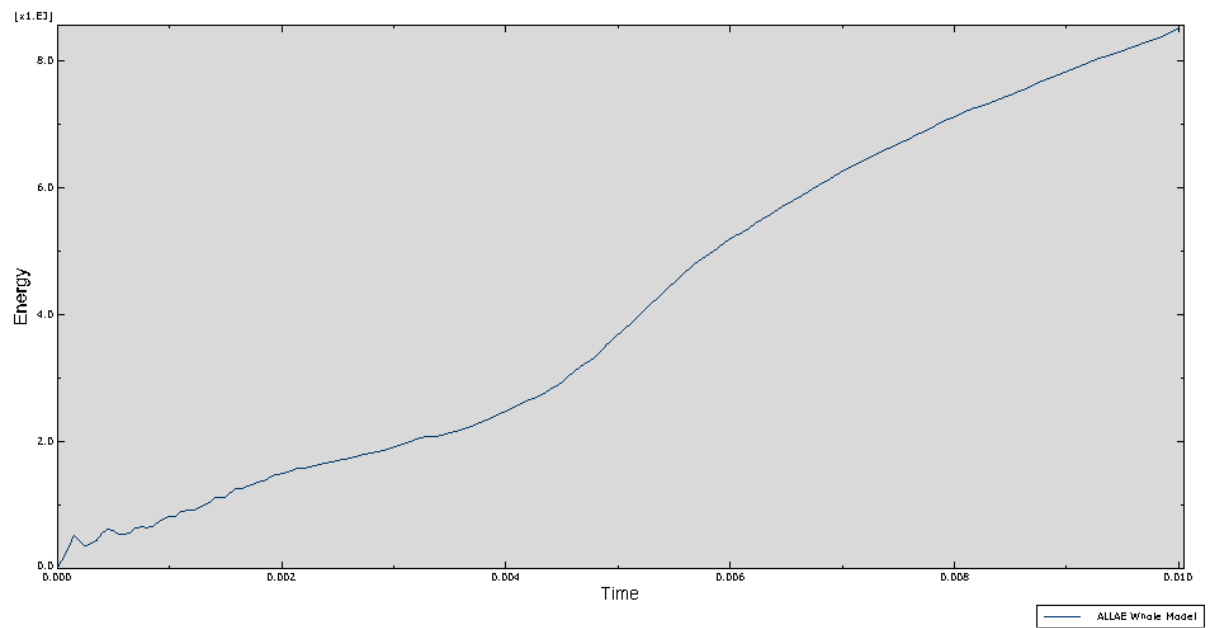


Figura 33: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

O desvio horizontal do baricentro da seção transversal no topo do poste é ilustrada na figura 34.

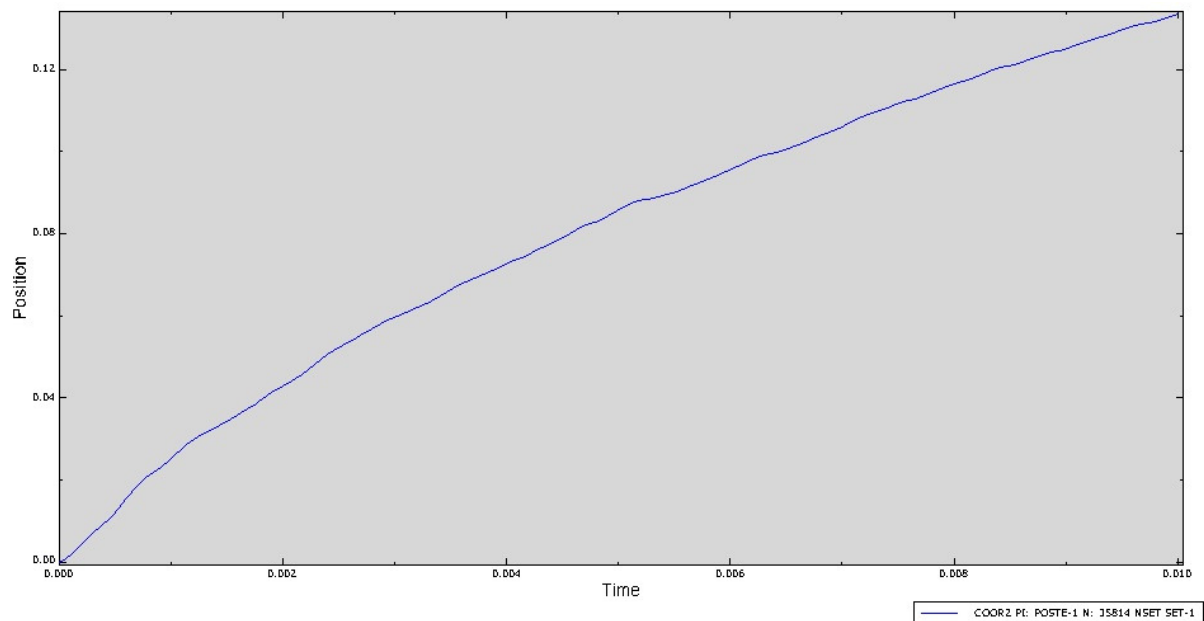


Figura 34: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.3. Impacto oblíquo

A simulação de impacto oblíquo de corpo elasto-plástico contra o poste resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste, o que era esperado, uma vez que o aço do poste do guardrail é cerca de 1000 vezes mais rígido.

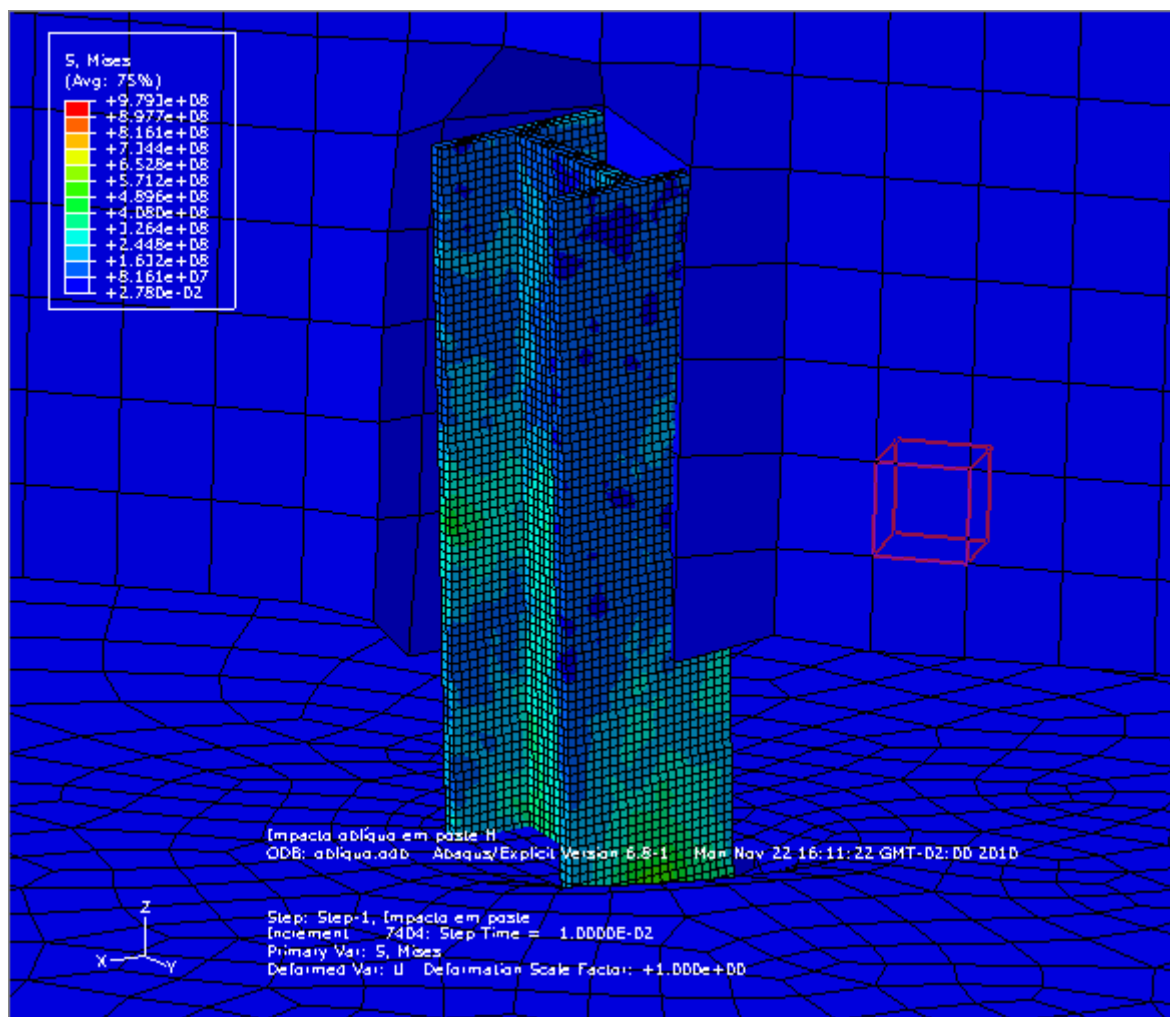


Figura 35: Corpo elasto-plástico impactando o poste de maneira oblíqua

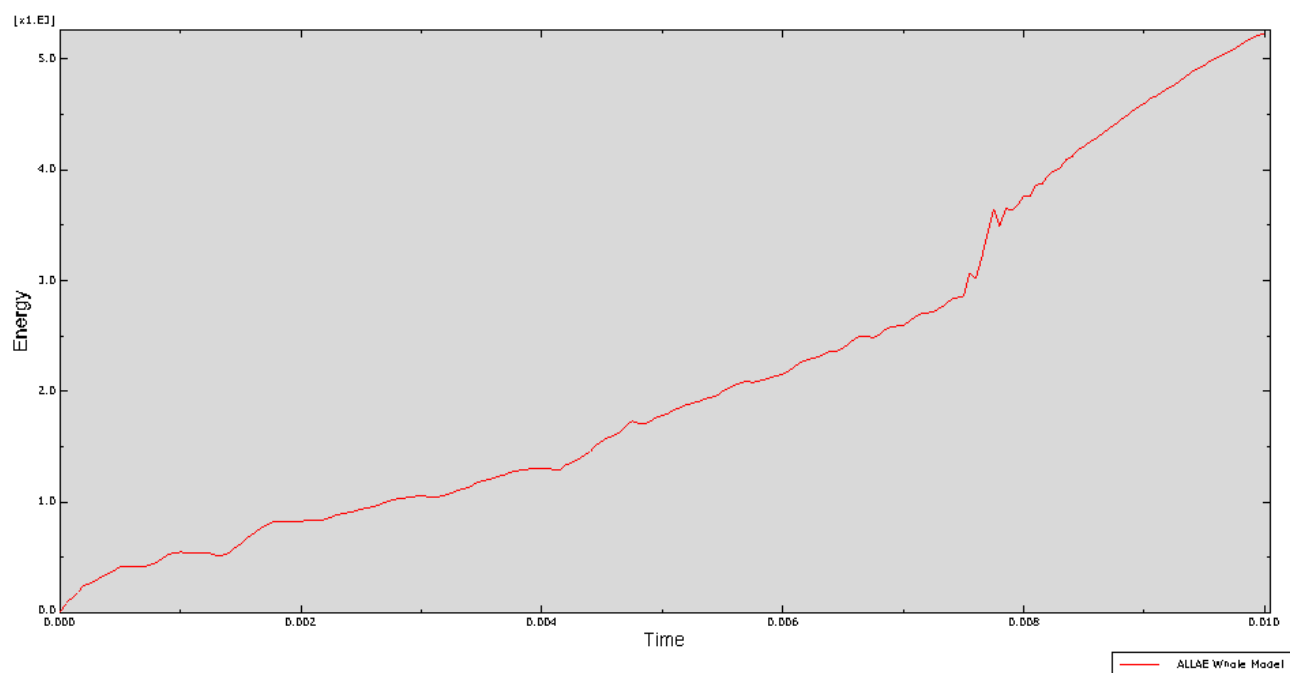


Figura 36: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

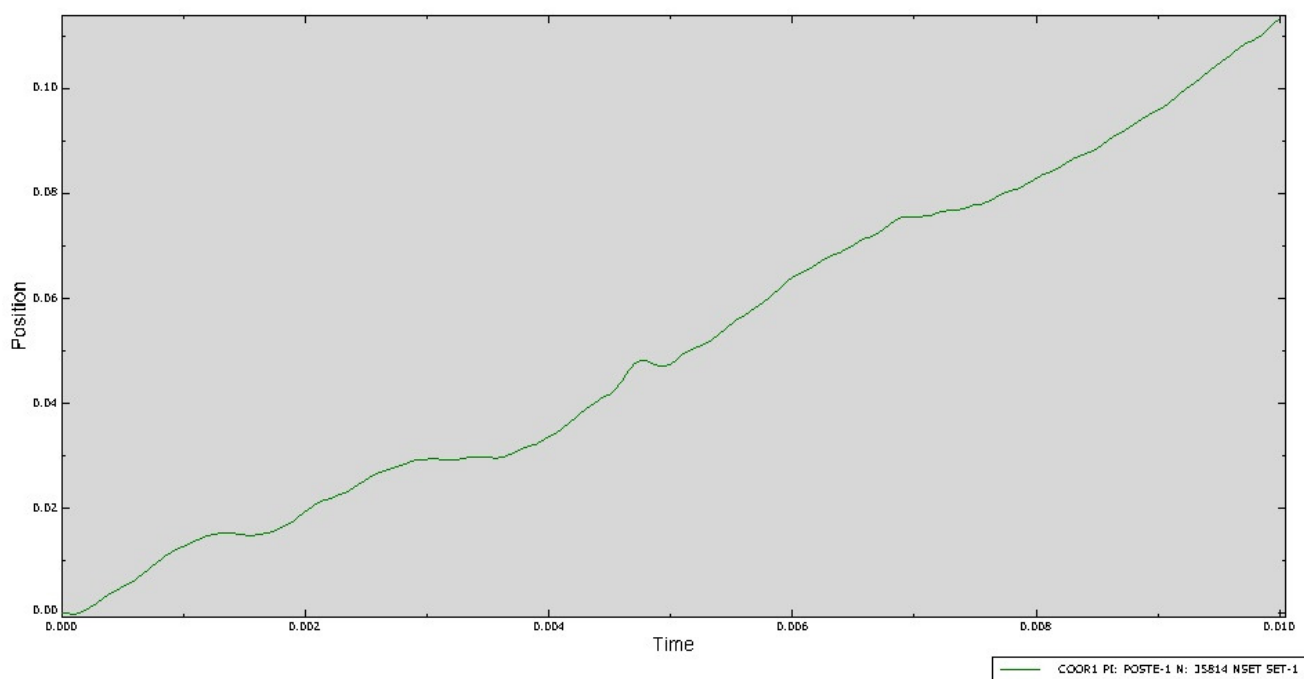


Figura 37: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.4. Impacto Direto com maior altura fora do solo

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior altura fora do solo resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

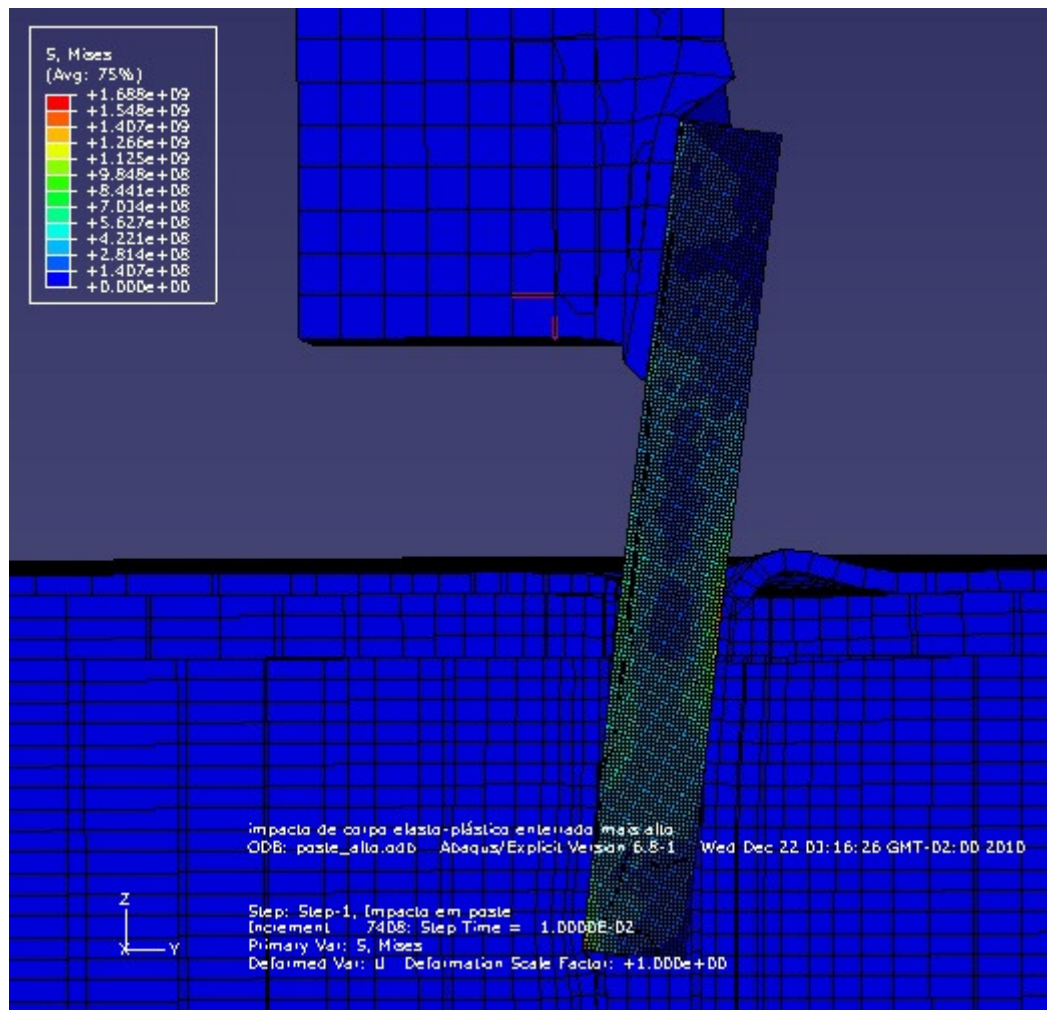


Figura 38: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte)

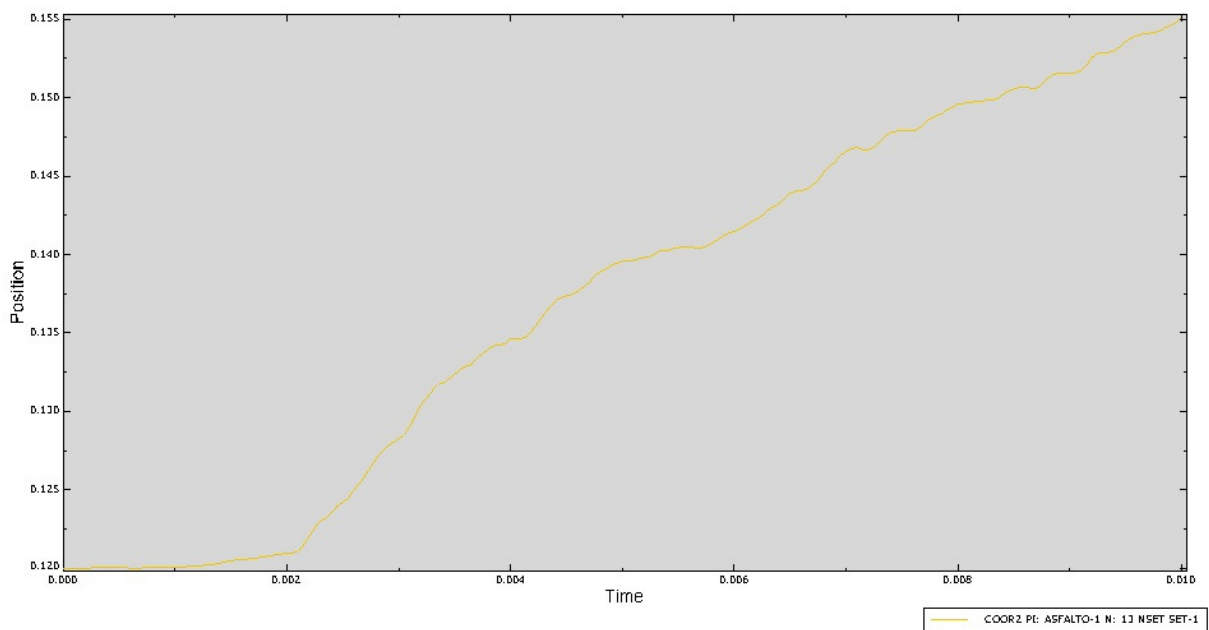


Figura 39: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

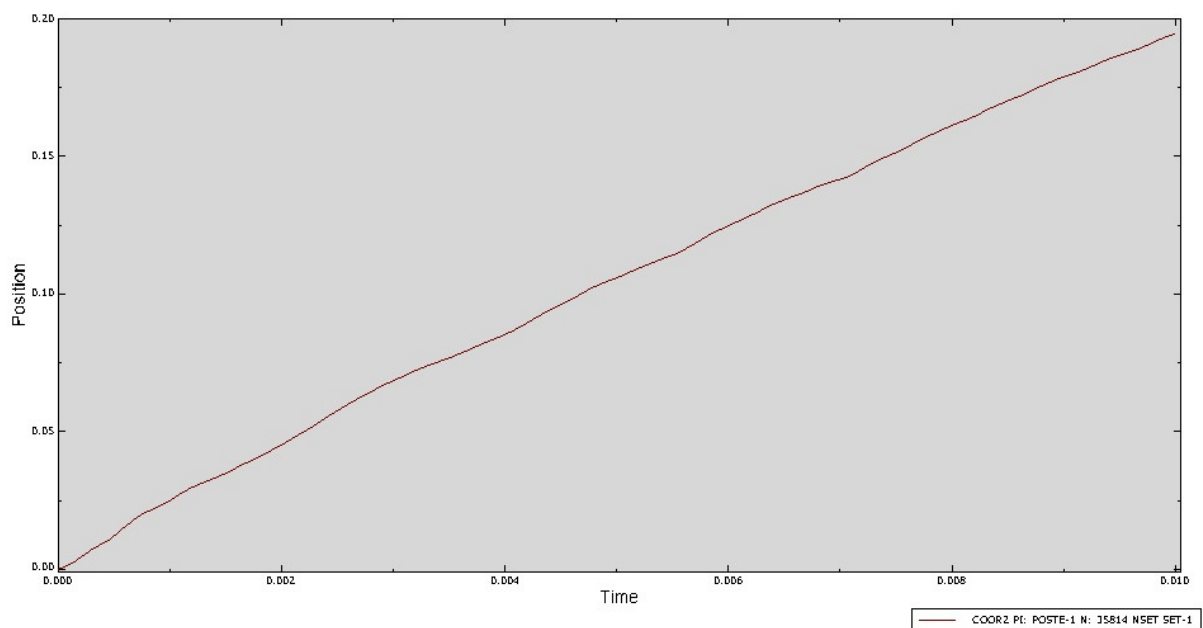


Figura 40: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.5. Impacto Direto com maior profundidade de enterramento

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior profundidade de enterramento resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

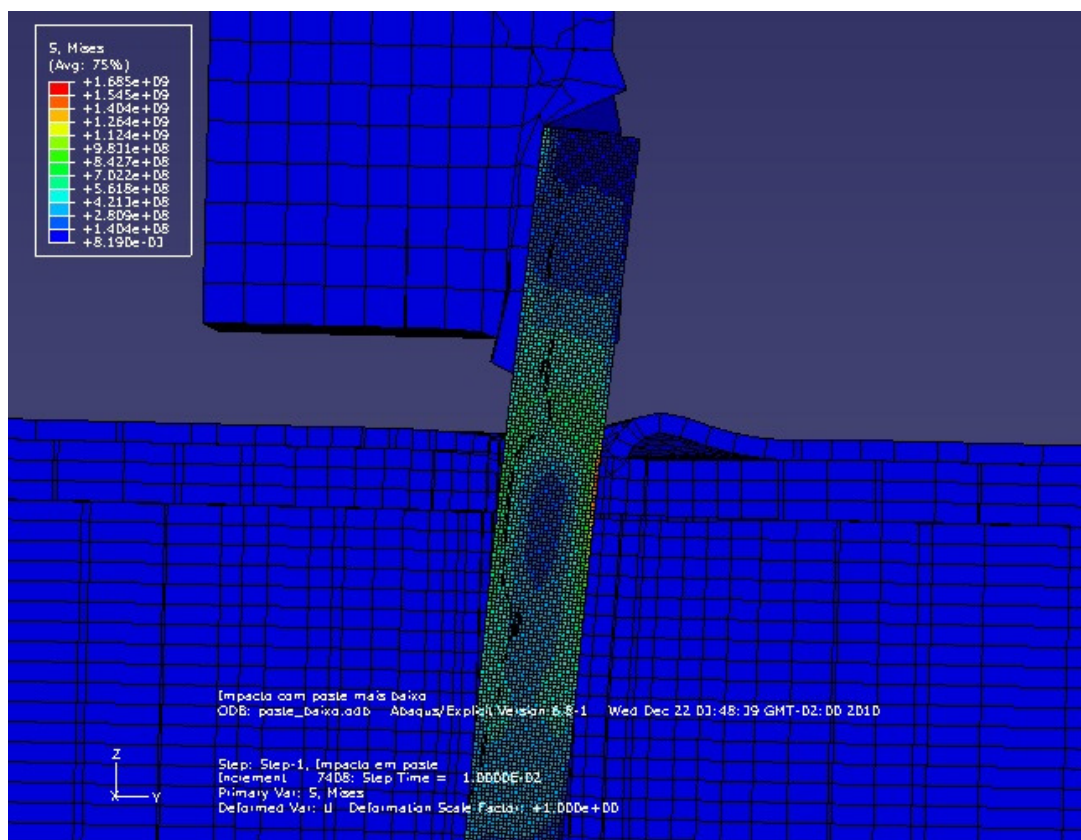


Figura 41: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte)

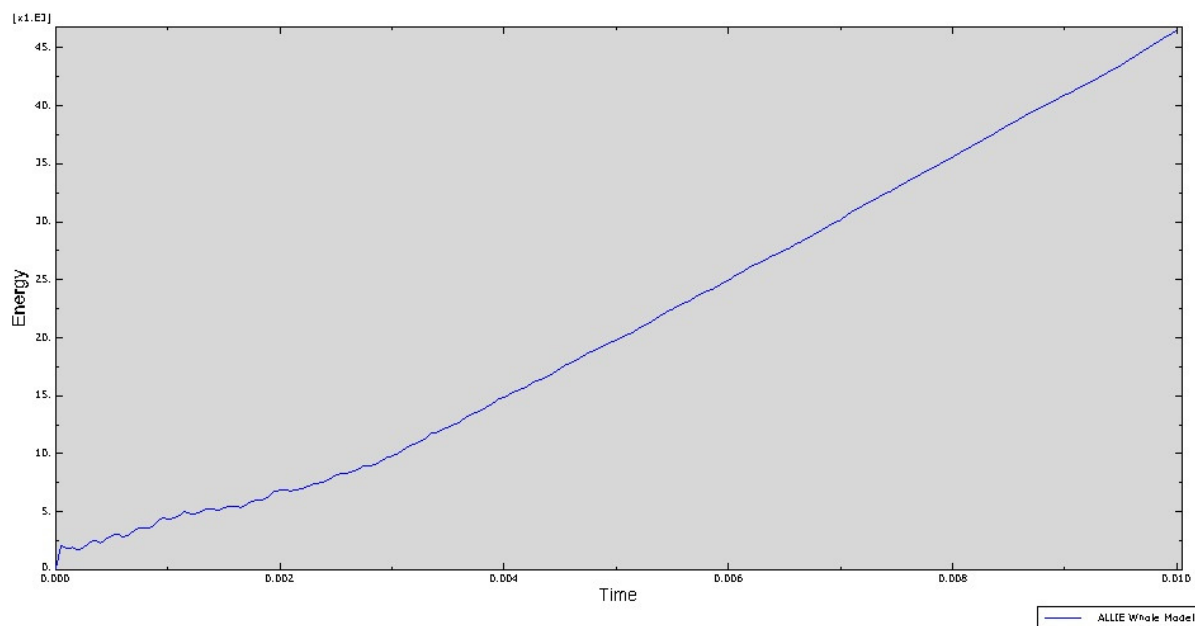


Figura 42: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

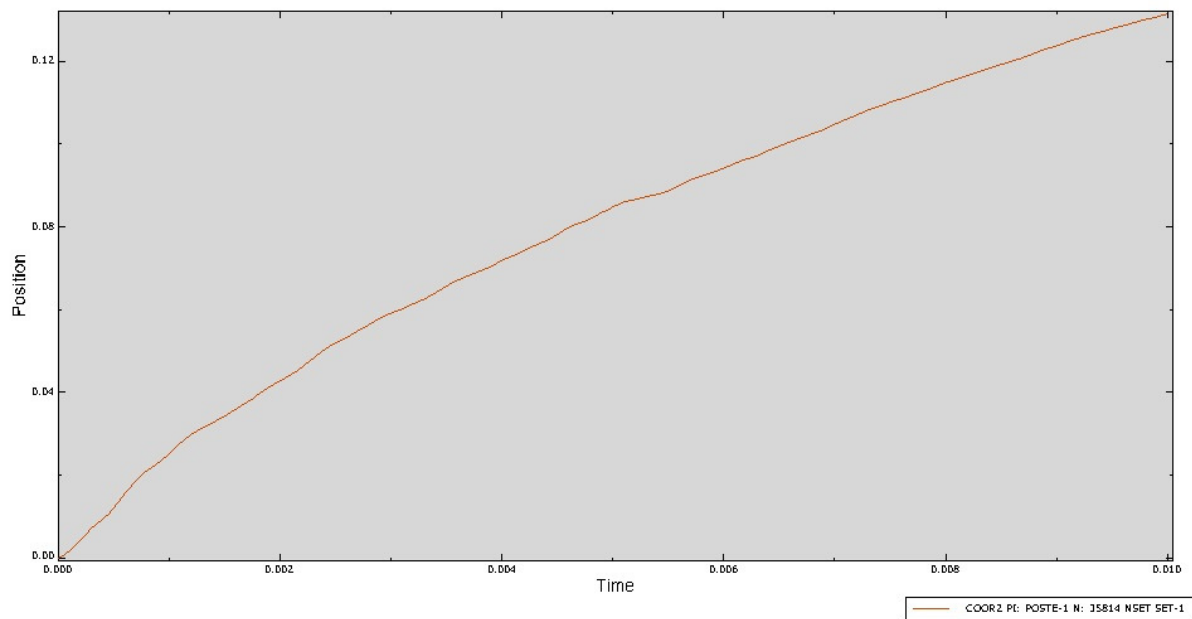


Figura 43: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.6. Impacto direto com velocidade menor

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com menor velocidade (15m/s) resultou também em grandes tensões (as máximas, da ordem de 100MPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

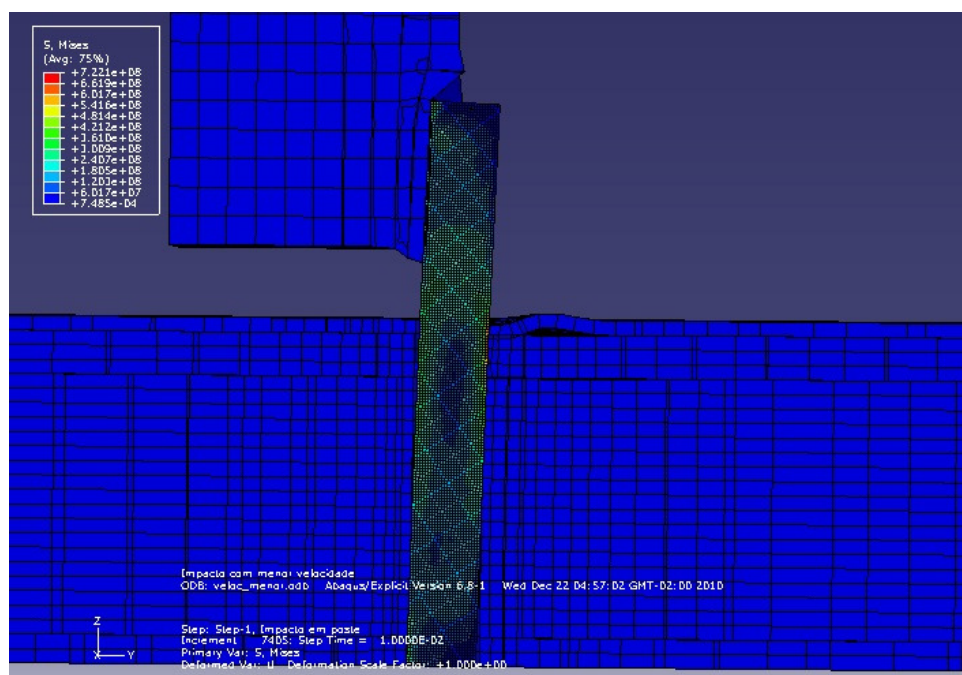


Figura 44: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte)

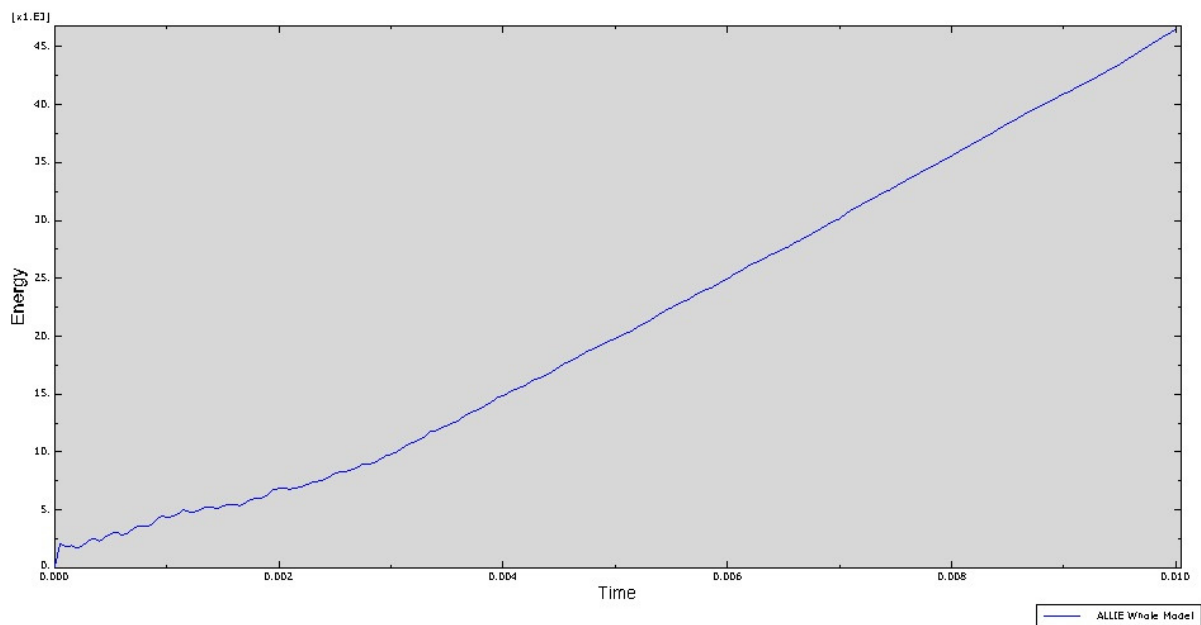


Figura 45: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

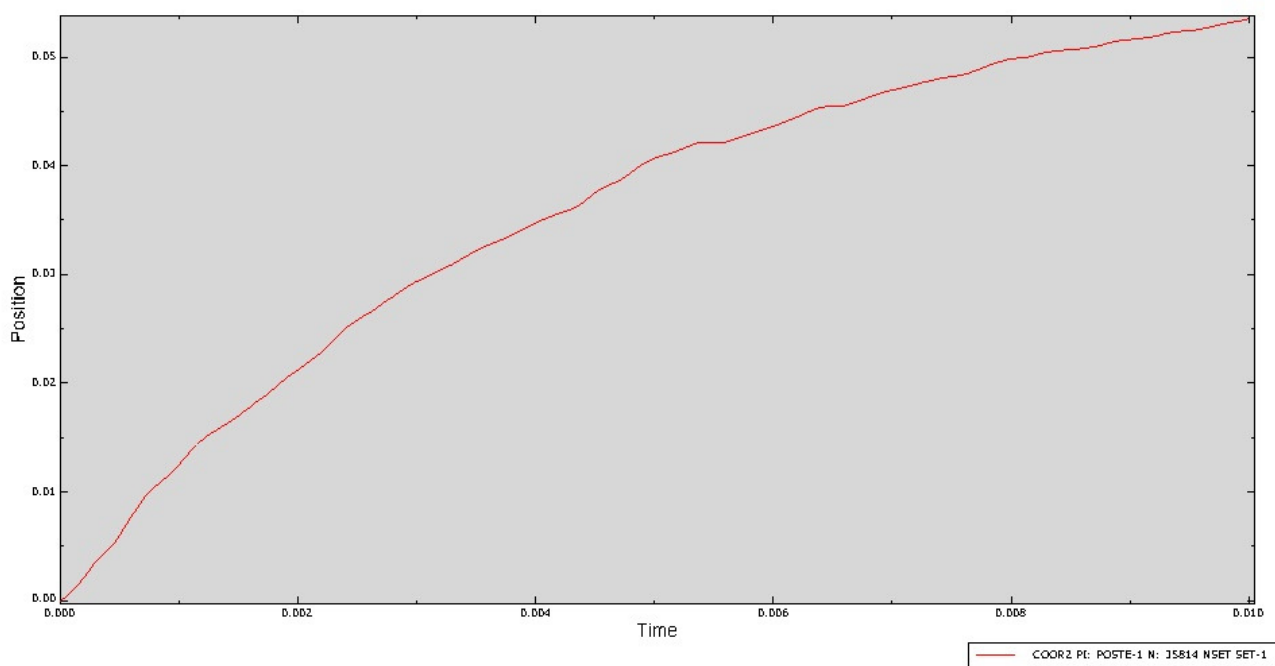


Figura 46: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.1.7. Impacto direto com velocidade maior

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior velocidade (40m/s) resultou também em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

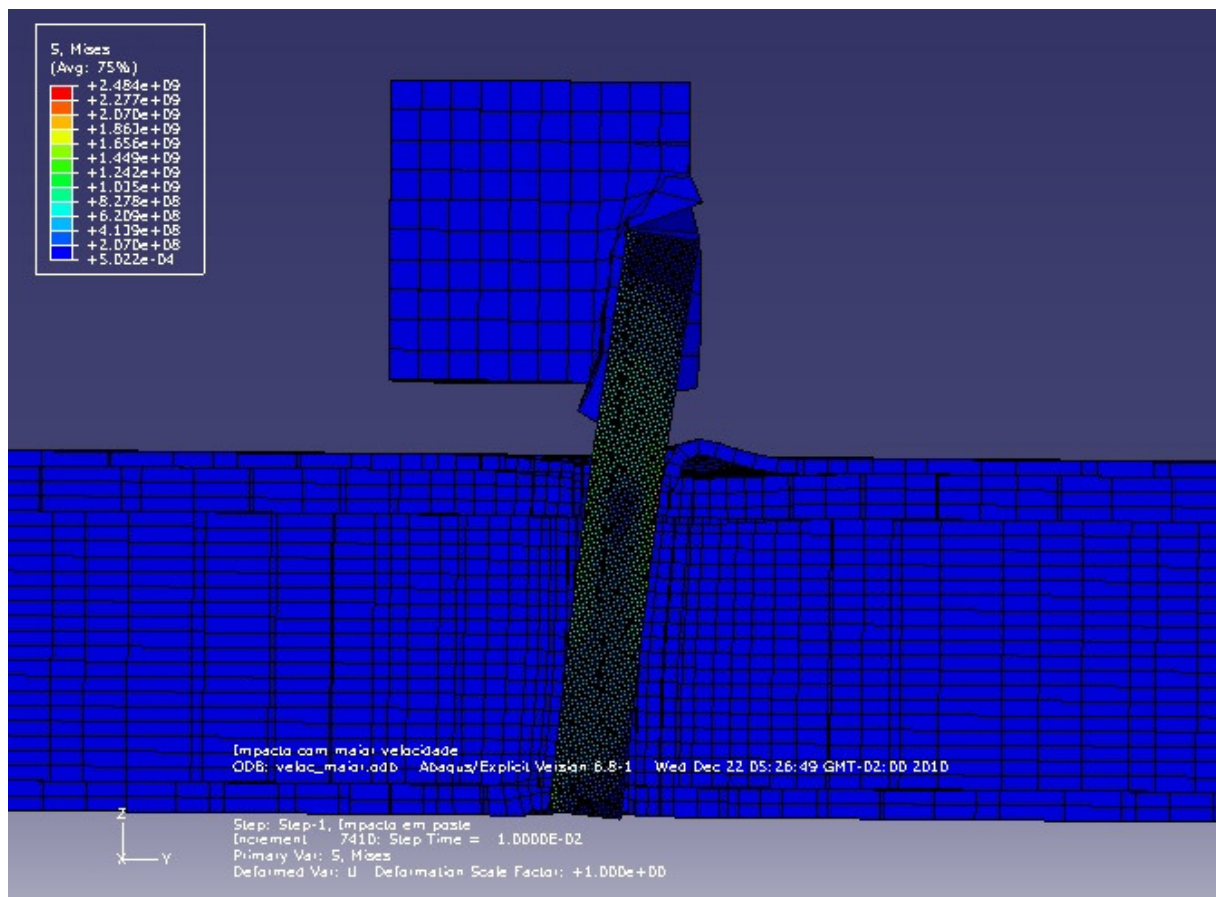


Figura 47: Corpo elasto-plástico impactando o poste (em corte)

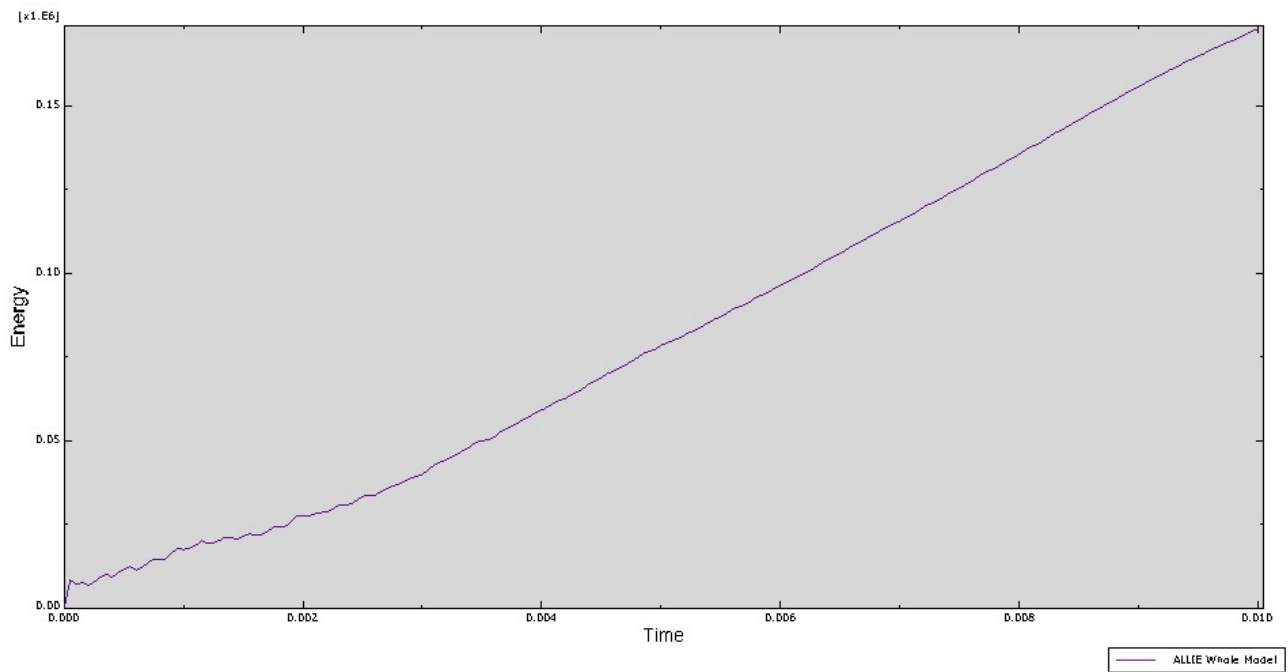


Figura 48: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

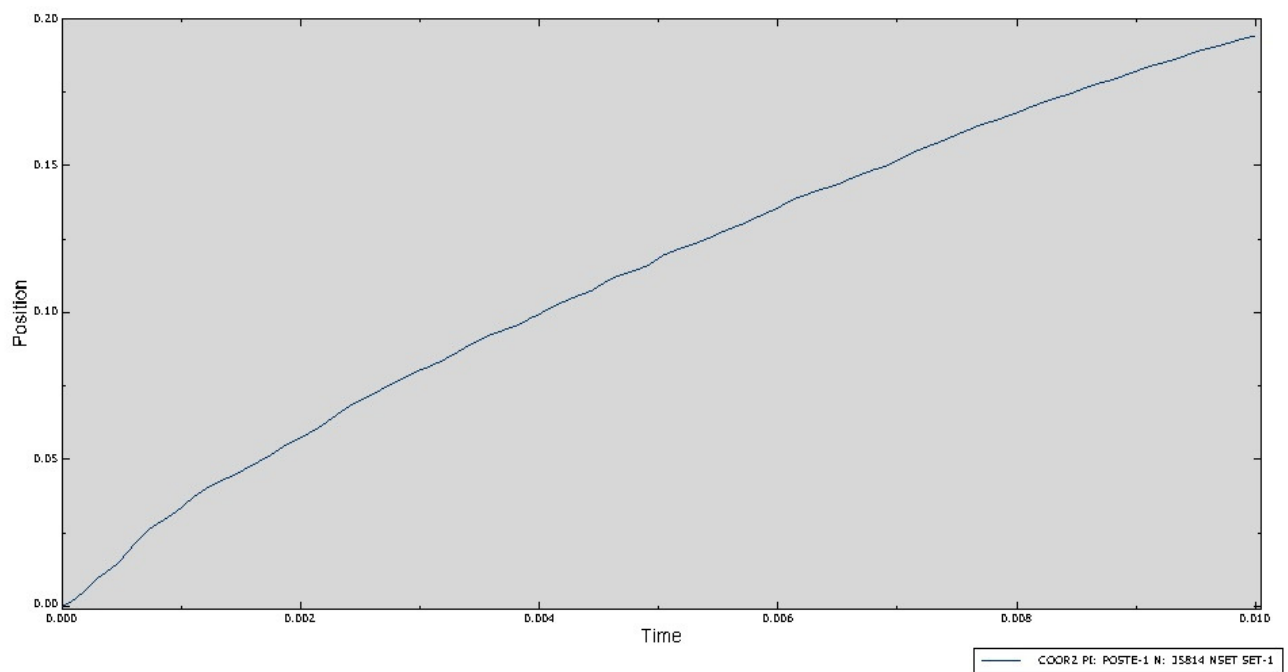


Figura 49: Desvio horizontal do topo do poste (Em unidades do SI)

4.2. Perfil em C

Para o modelo do poste perfilado em H, foram obtidos resultados para impactos diretos de corpo rígido, de corpo elasto-plástico e um impacto oblíquo.

As simulações foram realizadas em ambiente de monitoramento de tensões e energia envolvida em todo o modelo considerado, inclusive no solo, e no corpo que impacta o poste. Entretanto, em todos os casos, as maiores tensões encontram-se no poste, na interação com o asfalto (a primeira camada do solo), ou com o próprio corpo que o impacta.

Para o perfil em C foram executadas três simulações:

- Impacto direto de corpo rígido
- Impacto direto de corpo elasto-plástico
- Impacto oblíquo de corpo elasto-plástico
- Impacto direto com uma altura fora do solo maior do que a recomendada
- Impacto direto com profundidade de enterramento maior que a recomendada

4.2.1. Impacto direto de corpo rígido

A simulação do impacto direto de corpo rígido foi realizada com o choque do corpo maciço contra o poste, na linha principal e mais resistente da seção transversal, modelado com a restrição de corpo rígido.

Assim como nas simulações de perfil H, houveram poucas deformações, e as tensões são da mesma ordem de grandeza, ou seja, da ordem de 1MPa.

Dessa forma, não foram observadas grandes deformações nos corpos em questão e as tensões observadas são maiores no contato do poste com o asfalto.

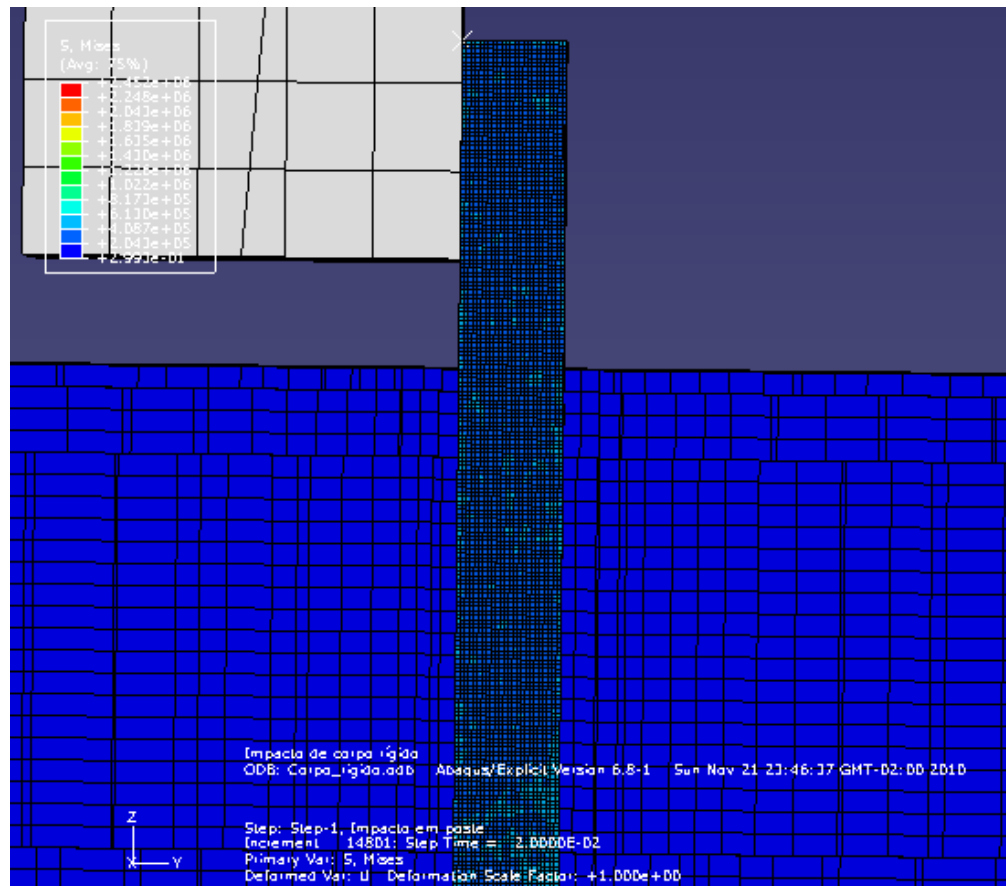


Figura 50: Corpo rígido impactando o poste (vista frontal em corte)

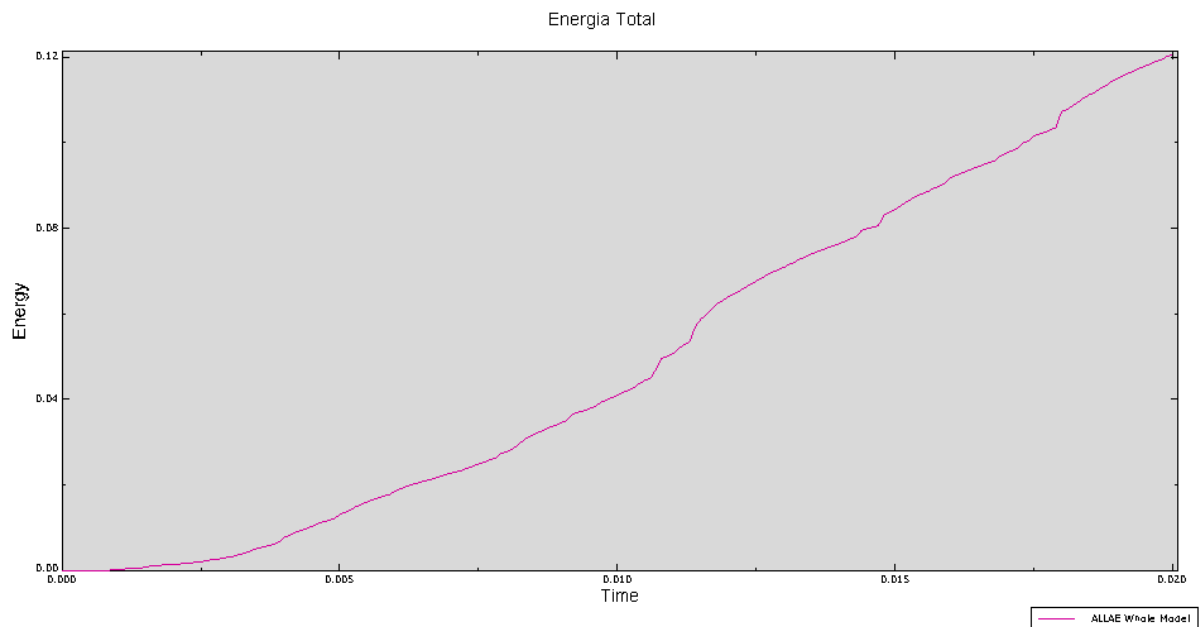


Figura 51: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

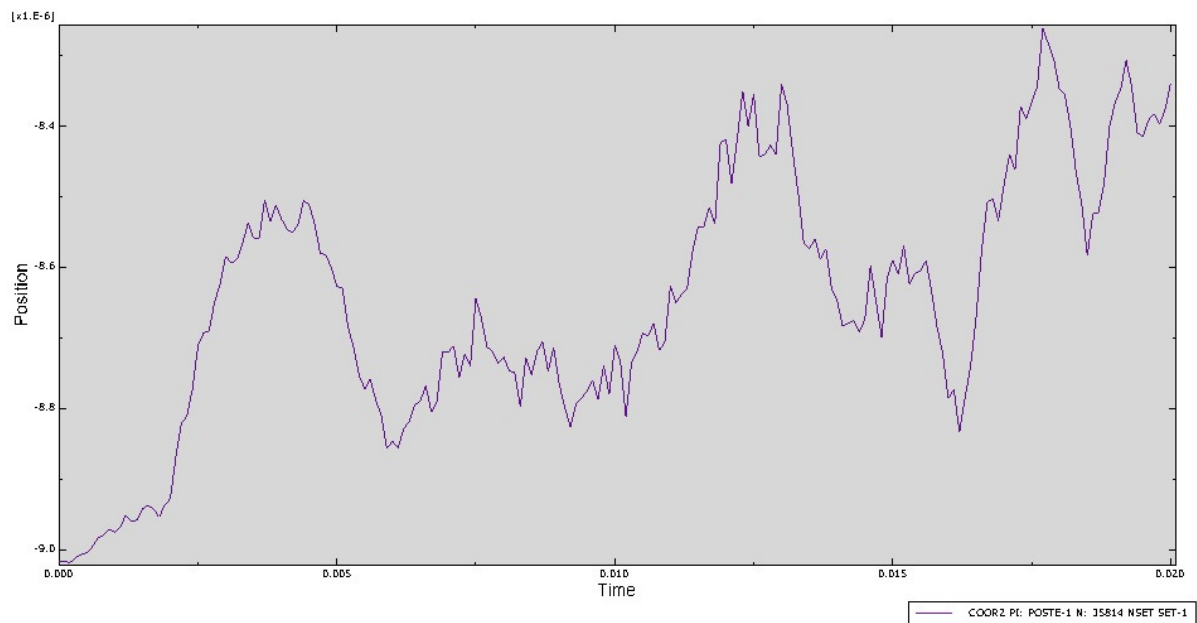


Figura 52: Desvio horizontal do topo do poste

4.2.2. Impacto direto de corpo elasto-plástico

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 10GPa) e deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste, o que era esperado, uma vez que o aço do poste do guardrail é cerca de 1000 vezes mais rígido.

Como a alma da seção transversal em C não passa pelo seu centróide e não representa uma seção simétrica, além de ainda ser uma seção transversal aberta, a torção causa uma deformação maior do que a observada com as mesmas cargas para a simulação com a seção em H, como se observa na figura.

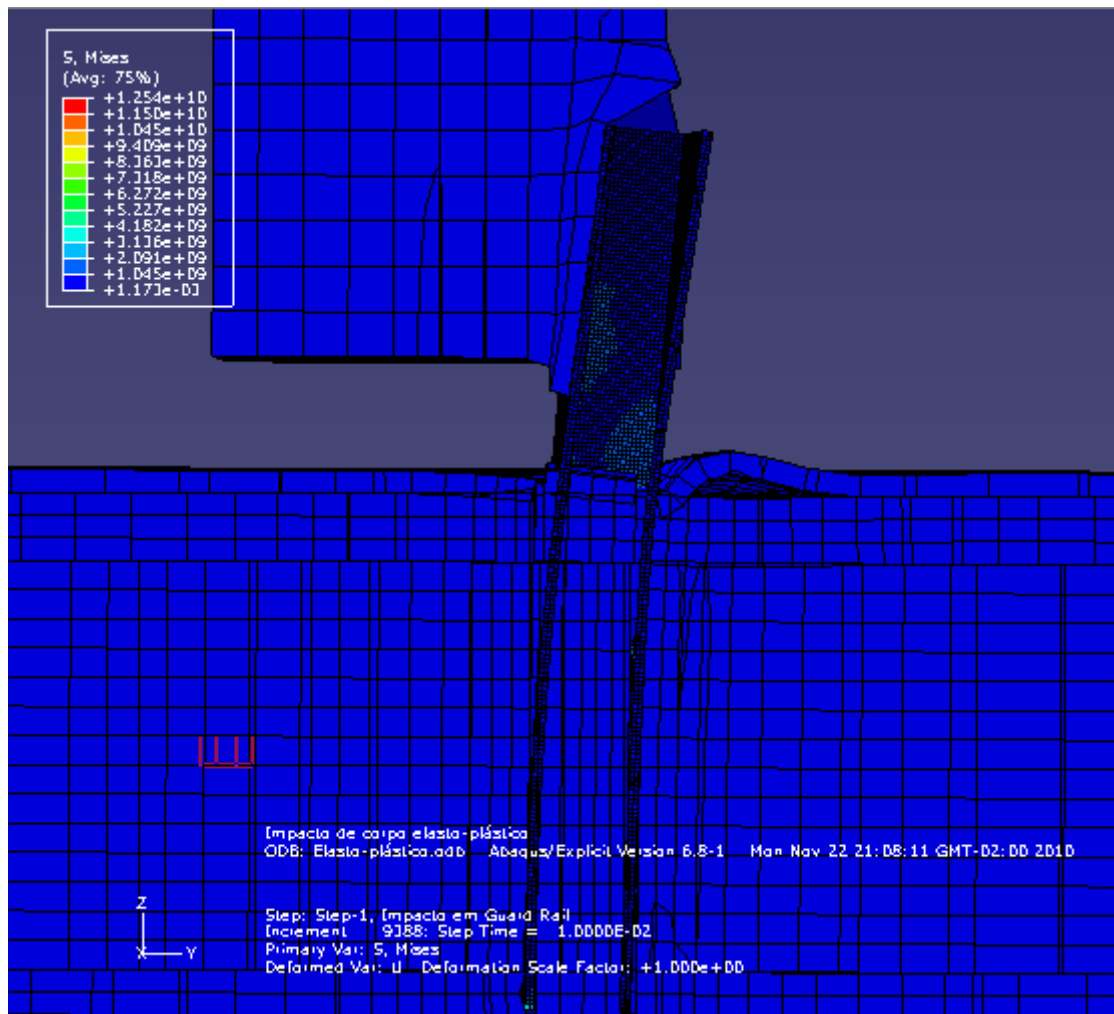


Figura 53: Final do movimento (deformações máximas)

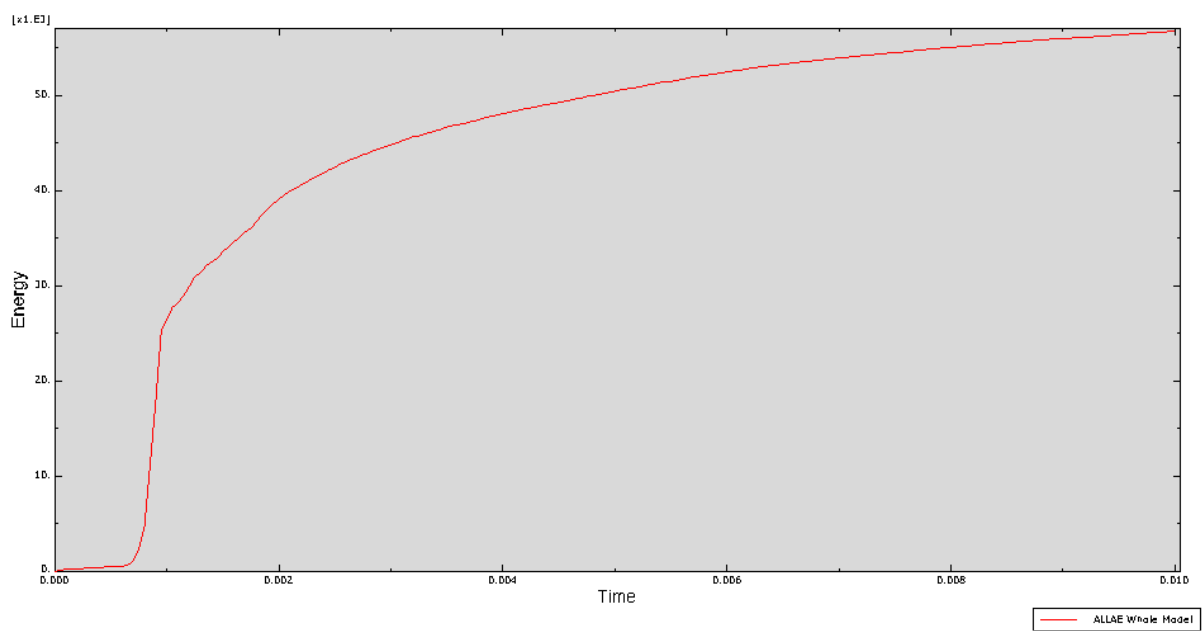


Figura 54: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

O desvio horizontal do baricentro da seção transversal no topo do poste é ilustrado na figura 55.

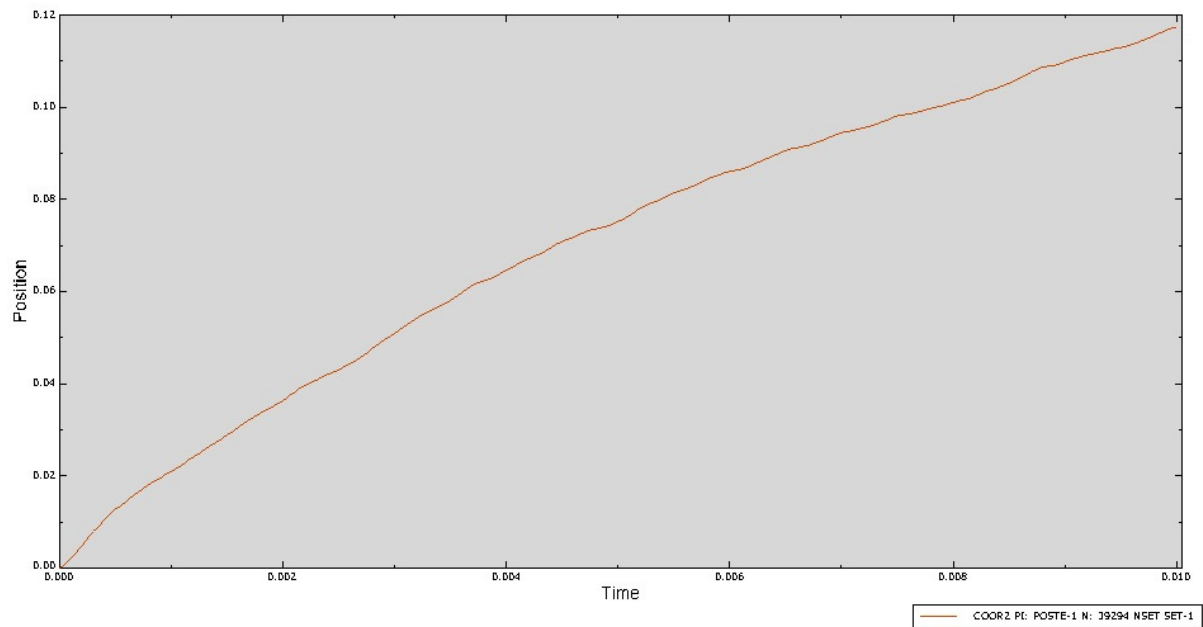


Figura 55: Desvio horizontal do topo do poste

4.2.3. Impacto oblíquo

A simulação de impacto oblíquo de corpo elasto-plástico contra o poste resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa), parecidas com as obtidas com o perfil H; e deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste, o que era esperado, uma vez que o aço do poste do guardrail é cerca de 1000 vezes mais rígido.

Essa deformação no asfalto é sensivelmente menor do que a causada pelo perfil em H.

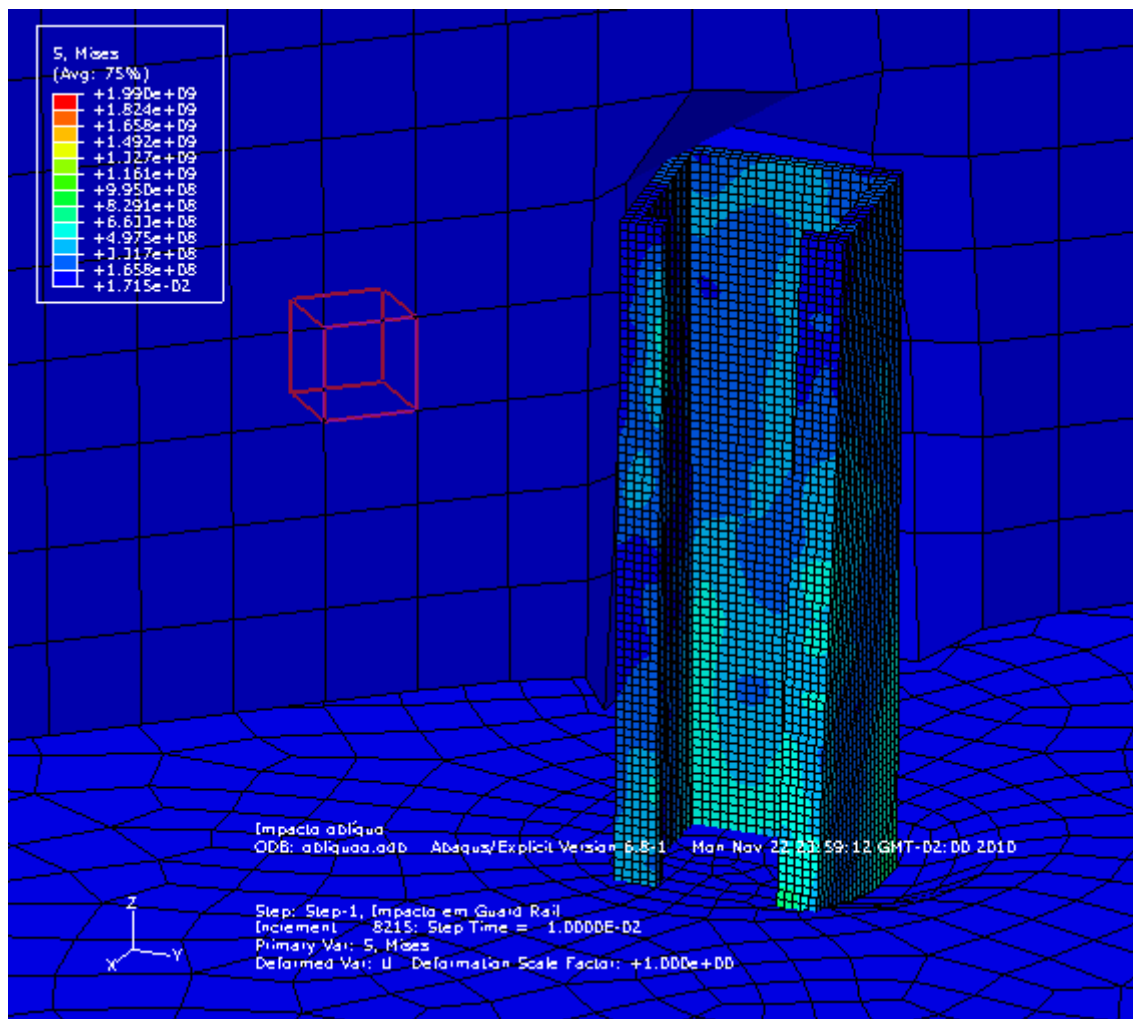


Figura 56: Deformação final

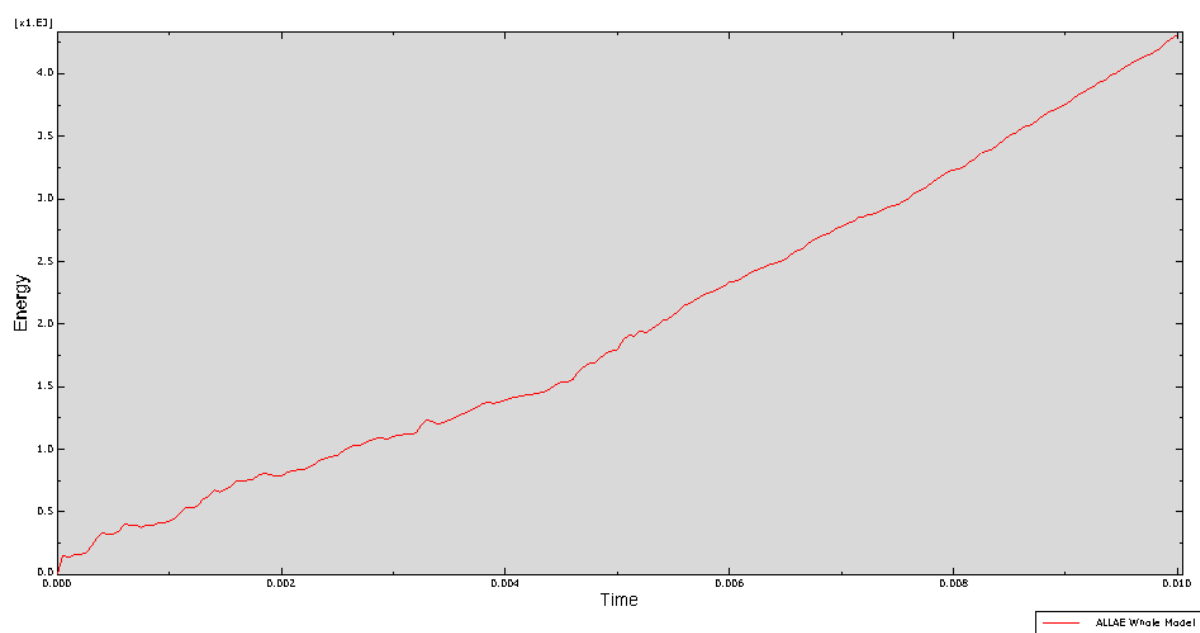


Figura 57: Energia TOTAL no tempo (unidades no SI)

4.2.4. Impacto Direto com maior altura fora do solo

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior altura fora do solo resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

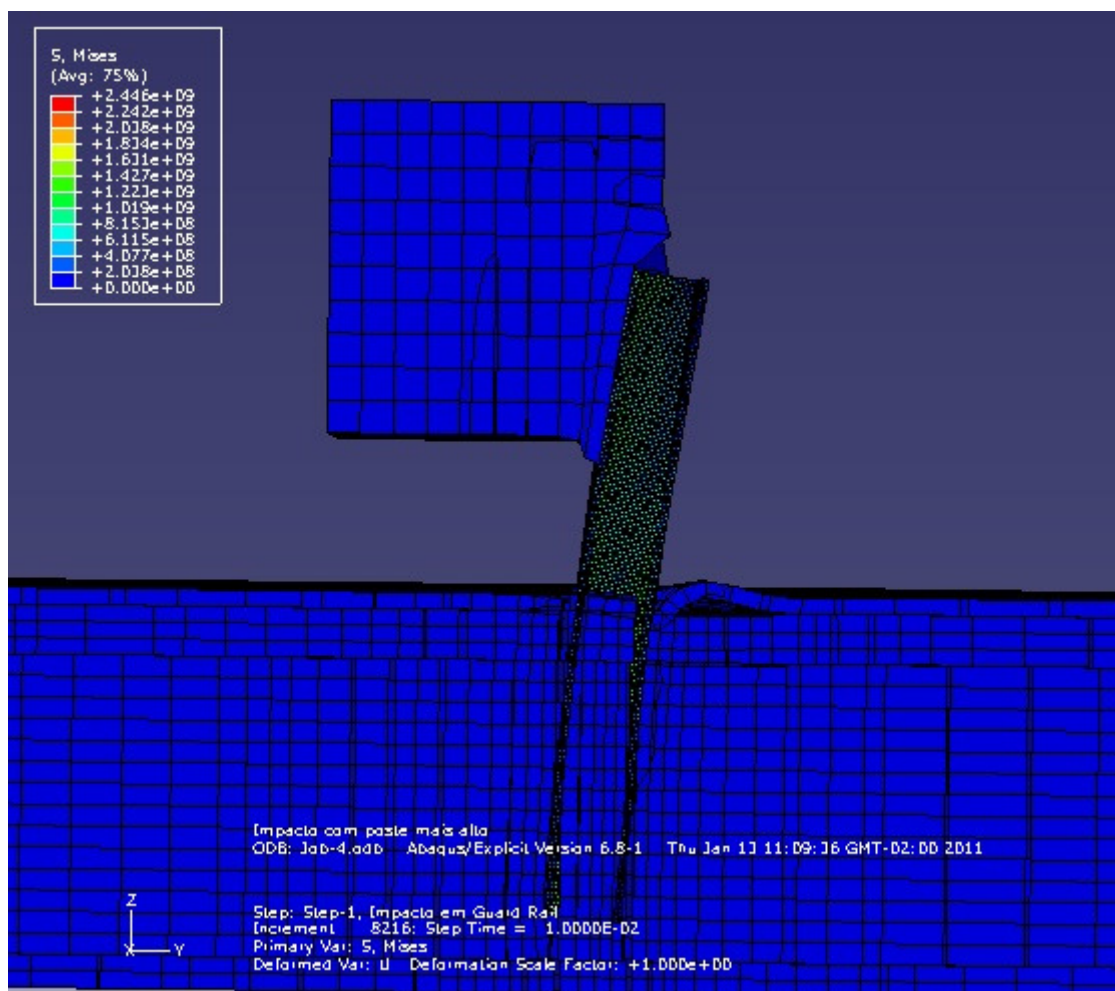


Figura 58: Final do movimento (deformações máximas)

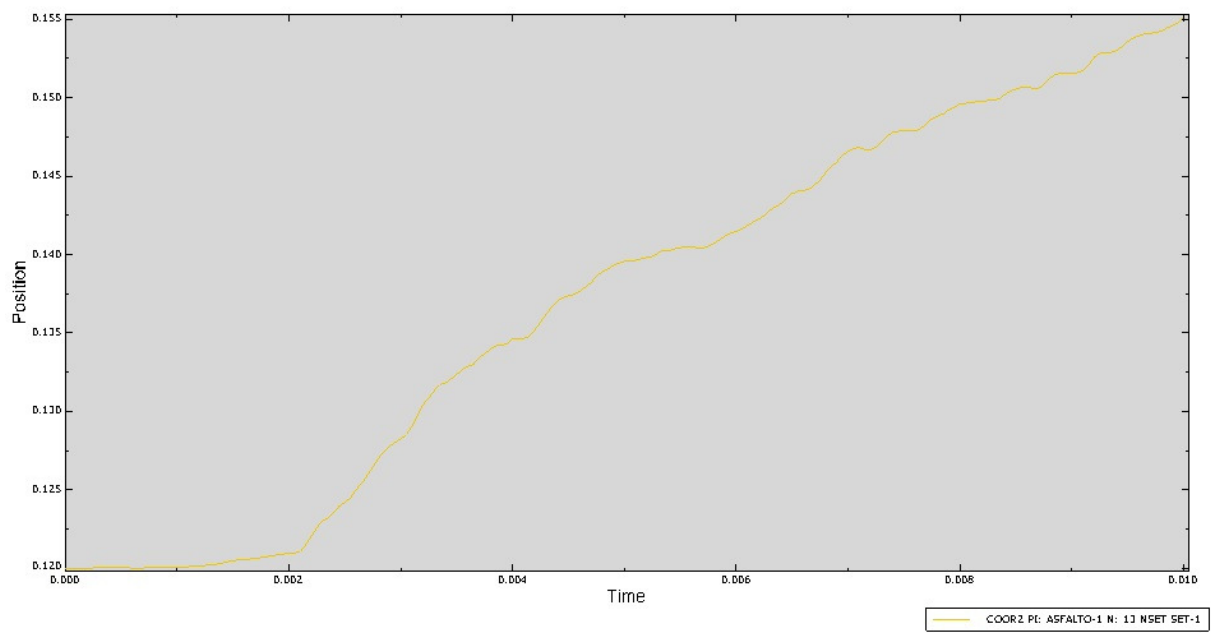


Figura 59: Energia no tempo (Unidades no SI)

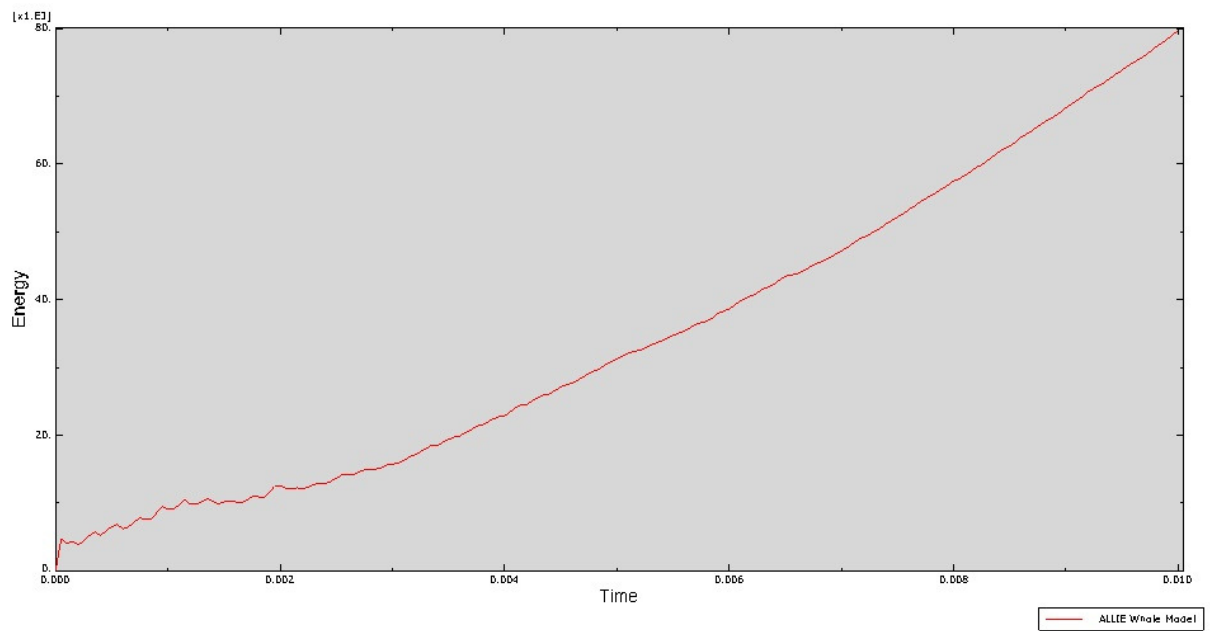


Figura 60: Desvio horizontal do topo do poste

4.2.5. Impacto Direto com maior profundidade de enterramento

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior profundidade de enterramento resultou em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

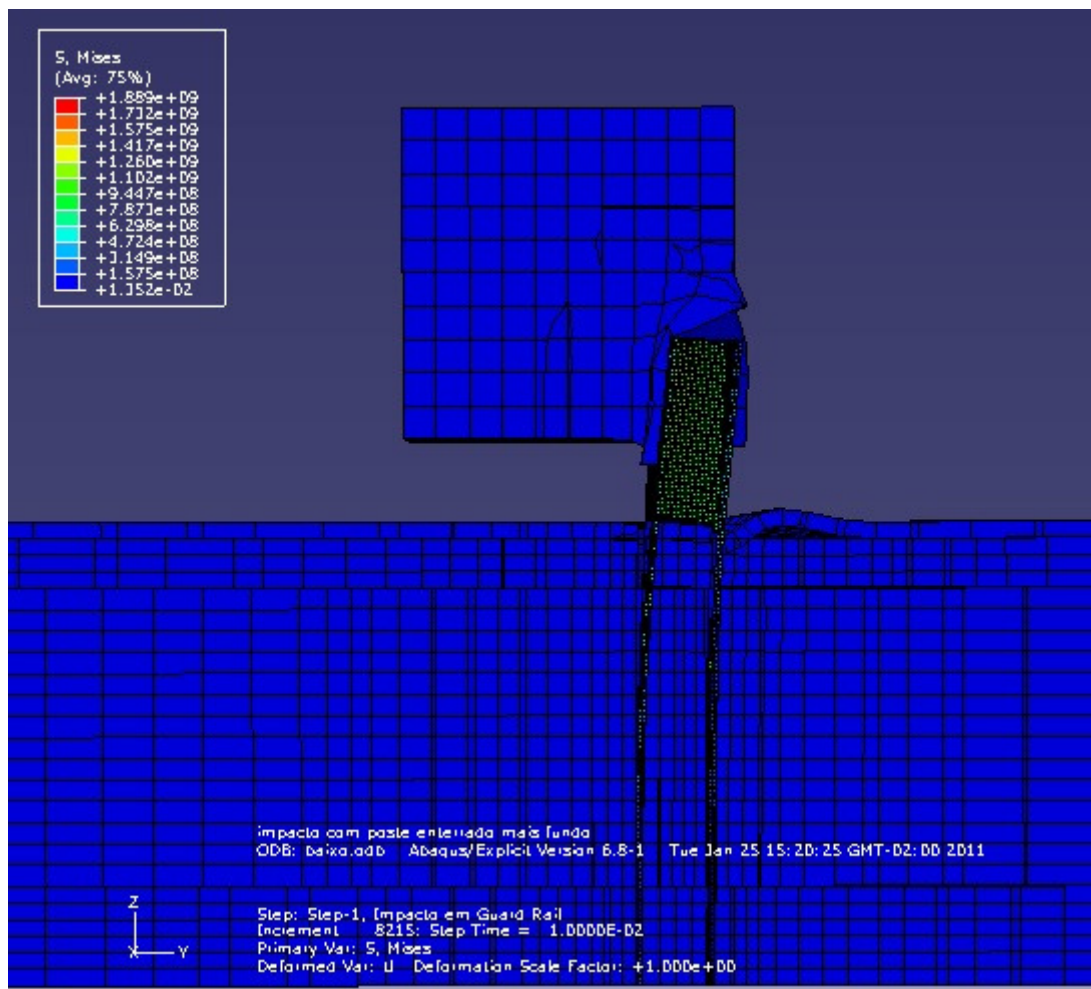


Figura 61: Final do movimento (deformações máximas)

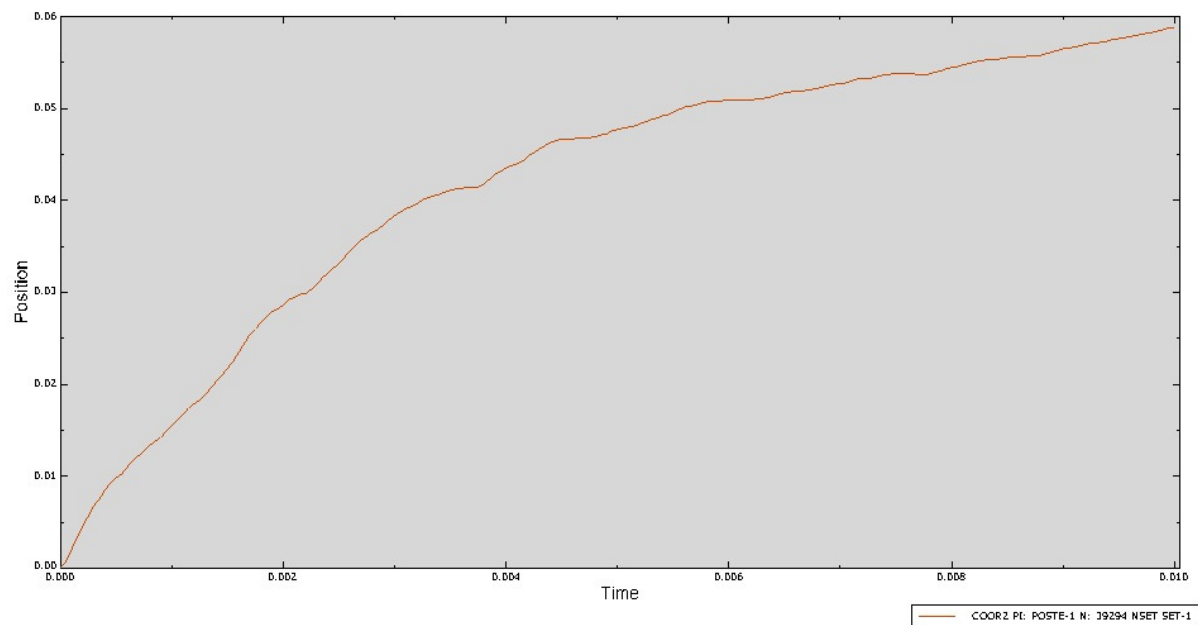


Figura 62: Energia no tempo (Unidades no SI)

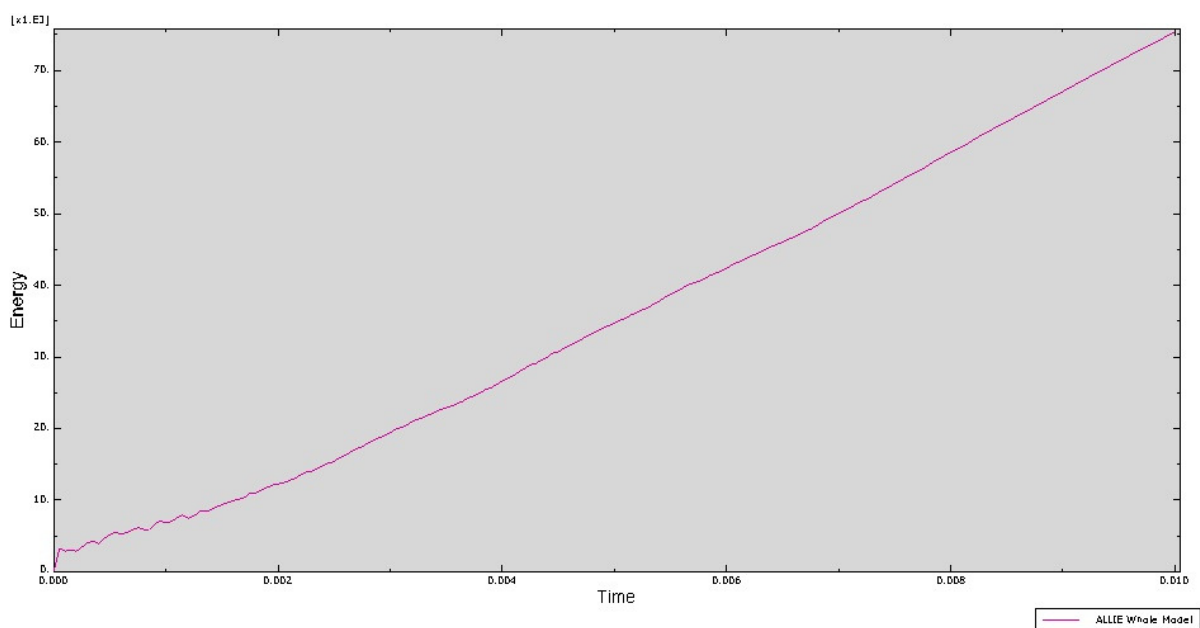


Figura 63: Desvio horizontal do topo do poste

4.2.6. Impacto direto com velocidade menor

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com menor velocidade (15m/s) resultou também em grandes tensões (as máximas, da ordem de 100MPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

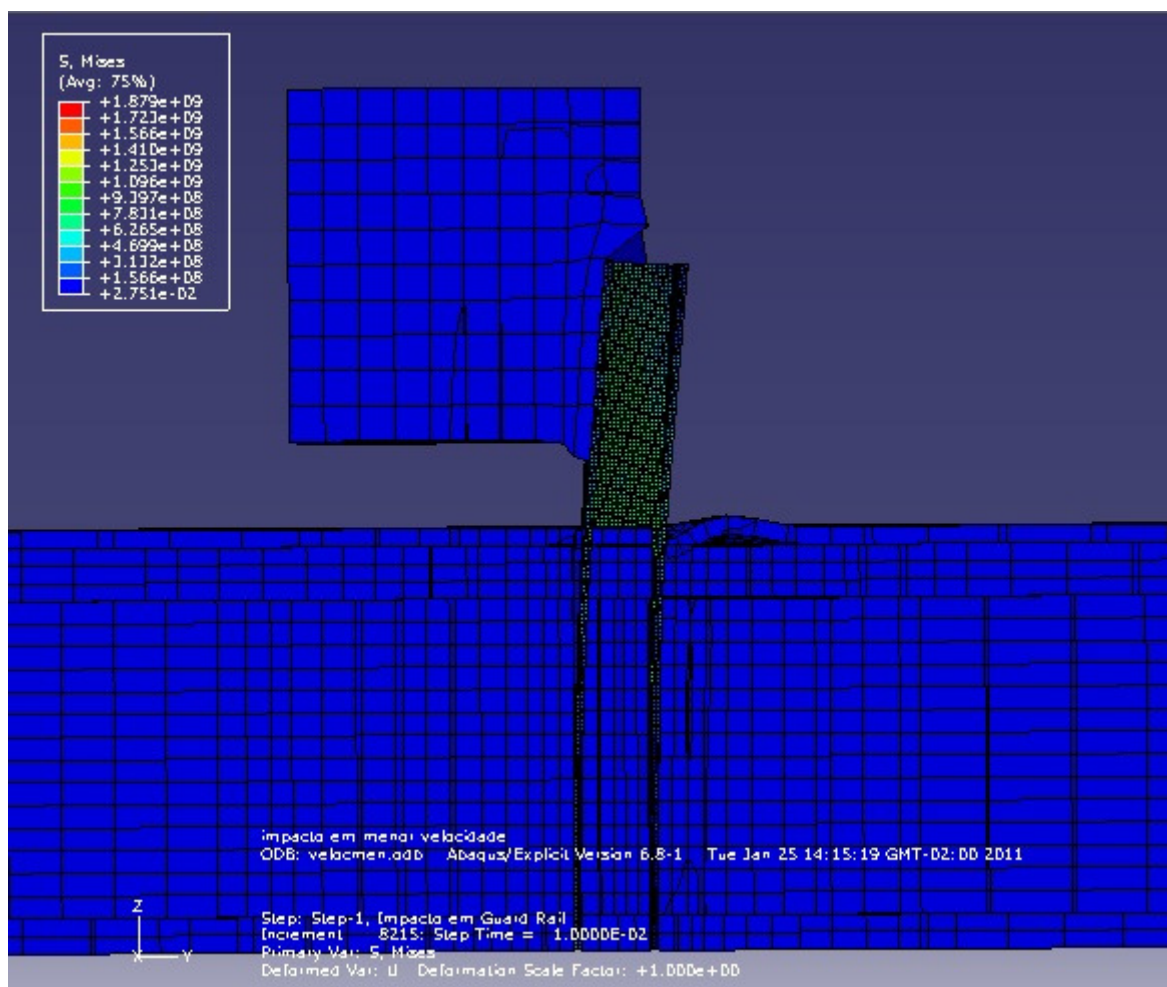


Figura 64: Final do movimento (deformações máximas)

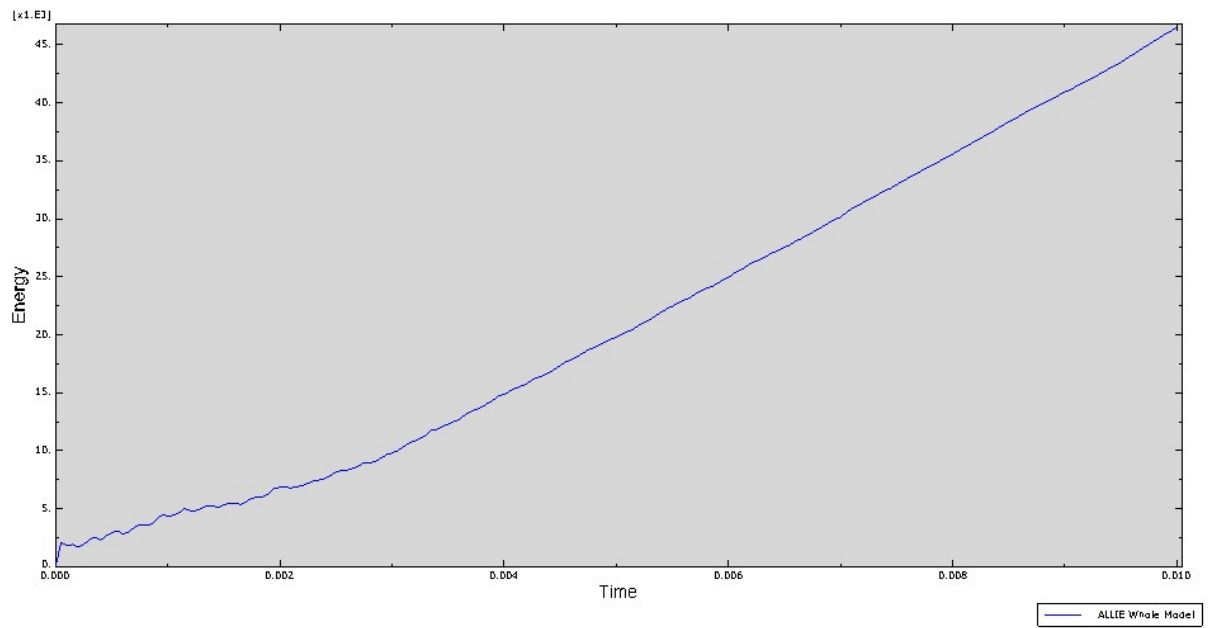


Figura 65: Energia no tempo (Unidades no SI)

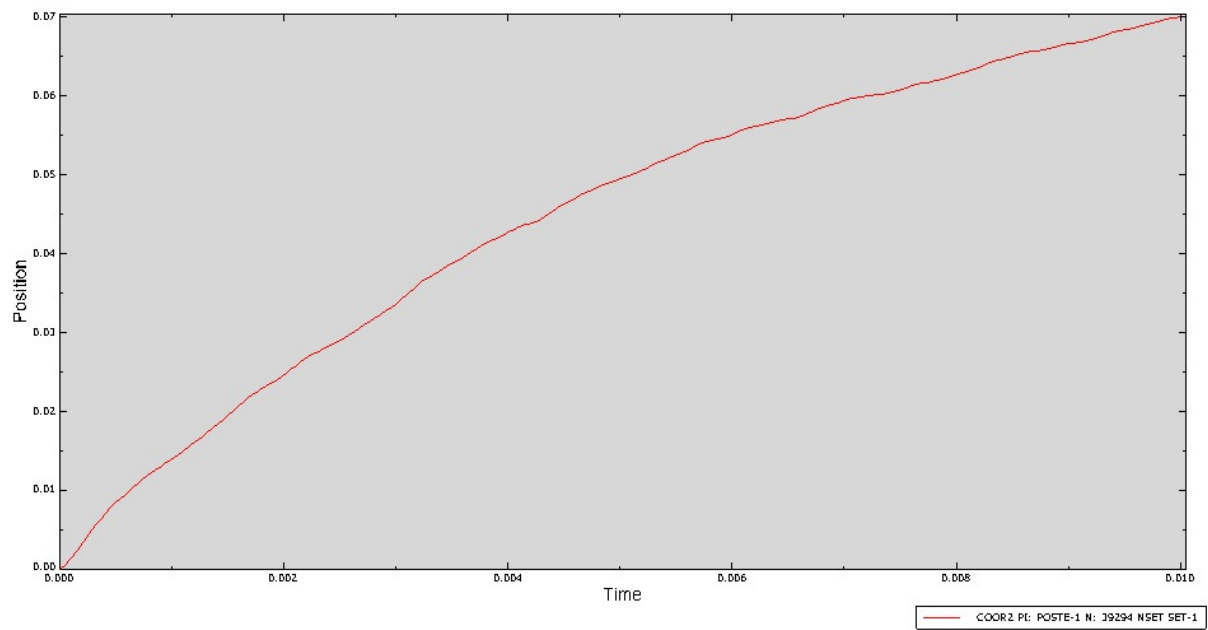


Figura 66: Desvio horizontal do topo do poste

4.2.7. Impacto direto com velocidade maior

A simulação de impacto do corpo elasto-plástico contra o poste com maior velocidade (40m/s) resultou também em grandes tensões (as máximas, da ordem de 1GPa) e também deformou o asfalto próximo à região de contato com o poste.

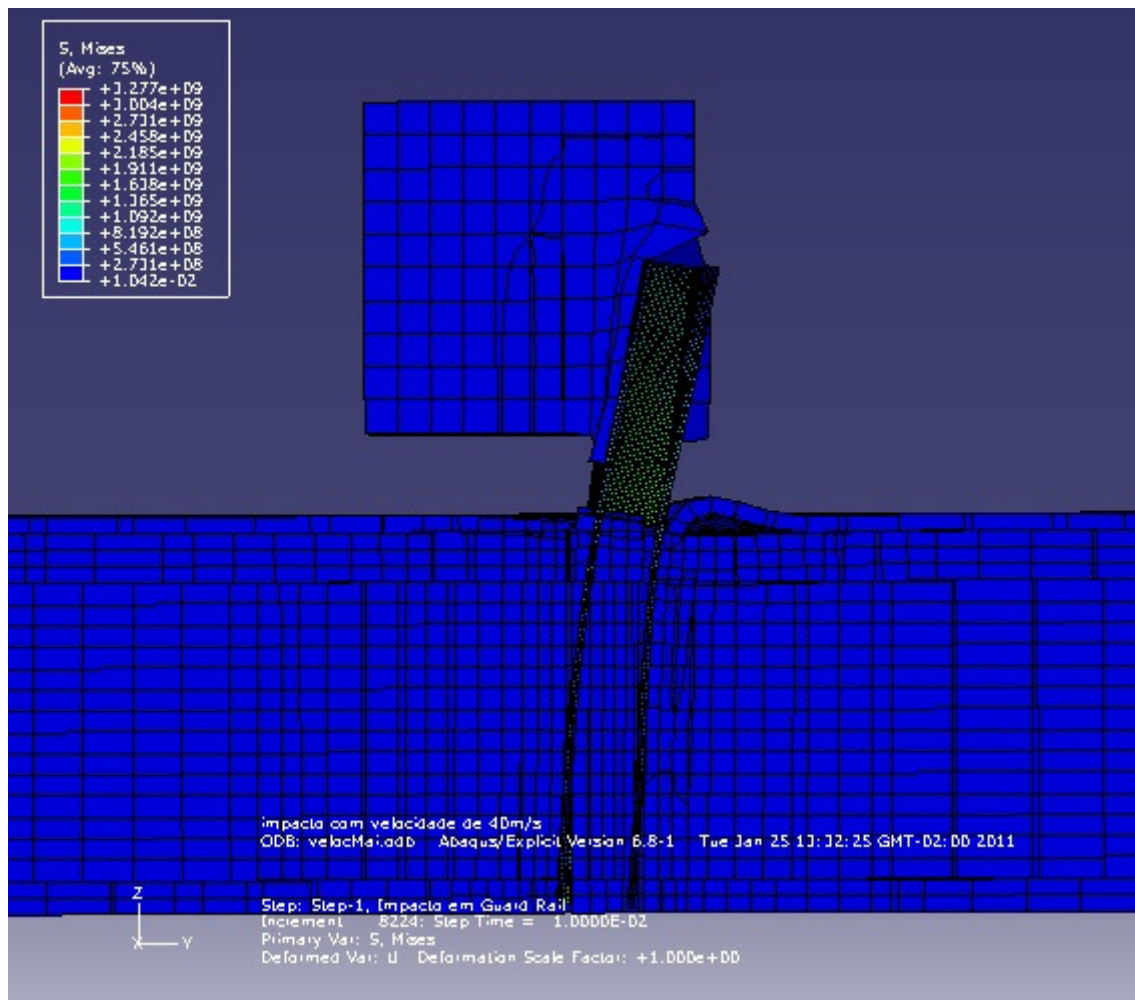


Figura 67: Final do movimento (deformações máximas)

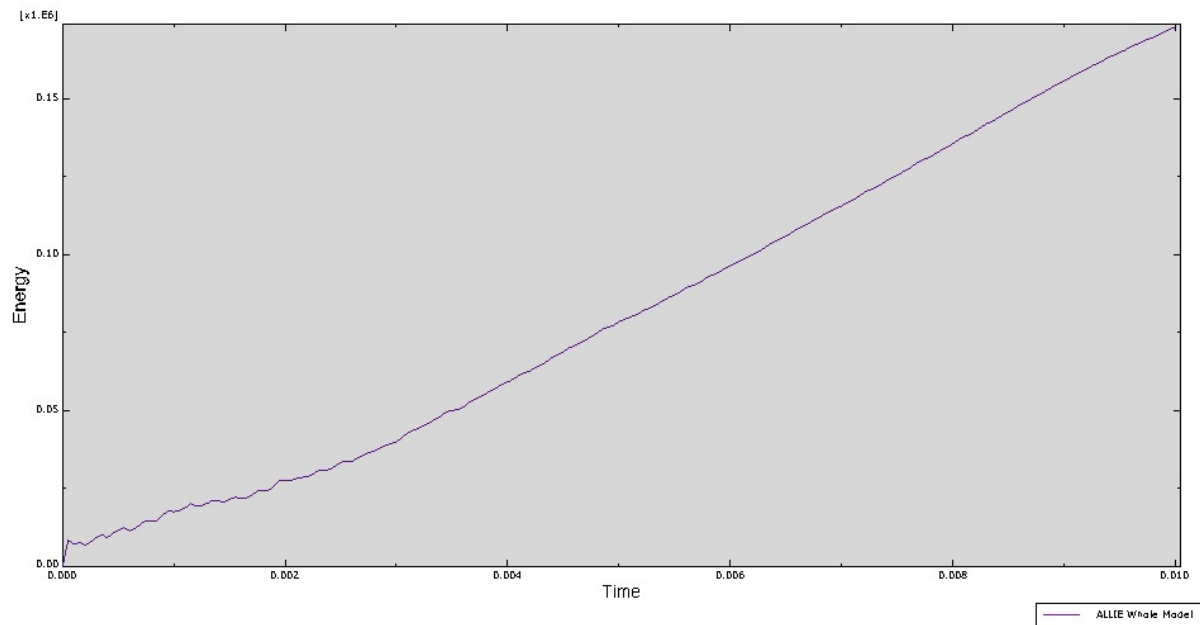


Figura 68: Energia no tempo (Unidades no SI)

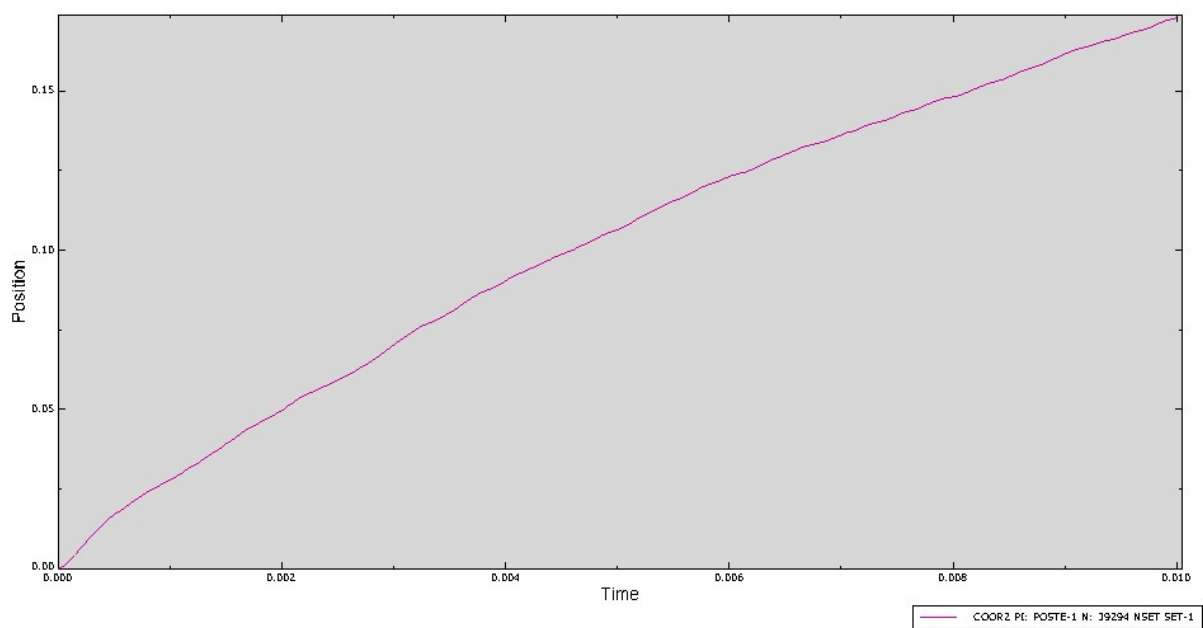


Figura 69: Desvio horizontal do topo do poste

5. Discussão

5.1. Discussão das simulações

Pelos resultados observados, verifica-se que por se apresentar como um perfil simétrico, o poste com seção transversal em H demonstra um melhor desempenho quando submetido a um impacto direto em um ponto próximo ao ponto de ligação da face principal da defesa com o poste, ou seja, em um ponto muito próximo da região de maior solicitação de carga no caso de uma colisão.

Isso ocorre porque a seção transversal em H é simétrica e o eixo principal, direção na qual apresenta maior resistência e melhor desempenho, é geralmente a direção mais exposta a cargas de impacto.

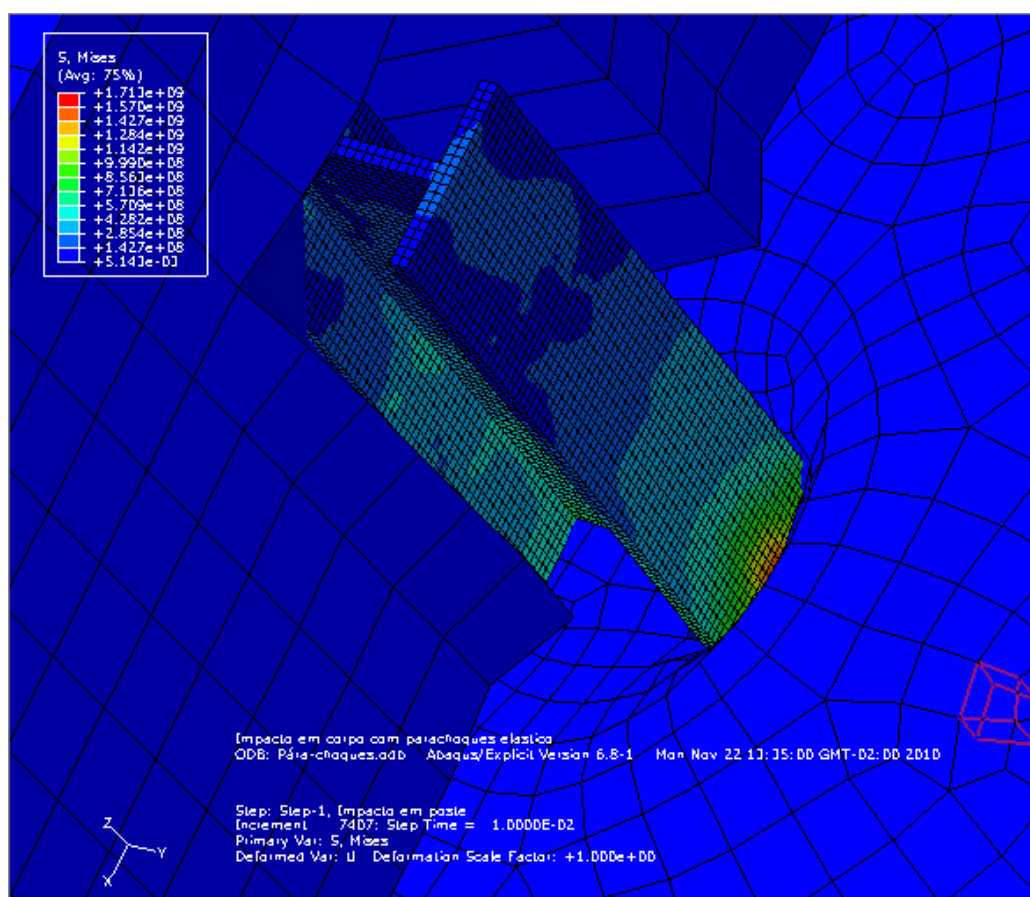


Figura 70: Após o impacto (detalhe da deformação no solo)

Dessa forma, nota-se que mesmo no caso de um impacto direto, o perfil em C sofre uma forte e evidente deformação torsional.

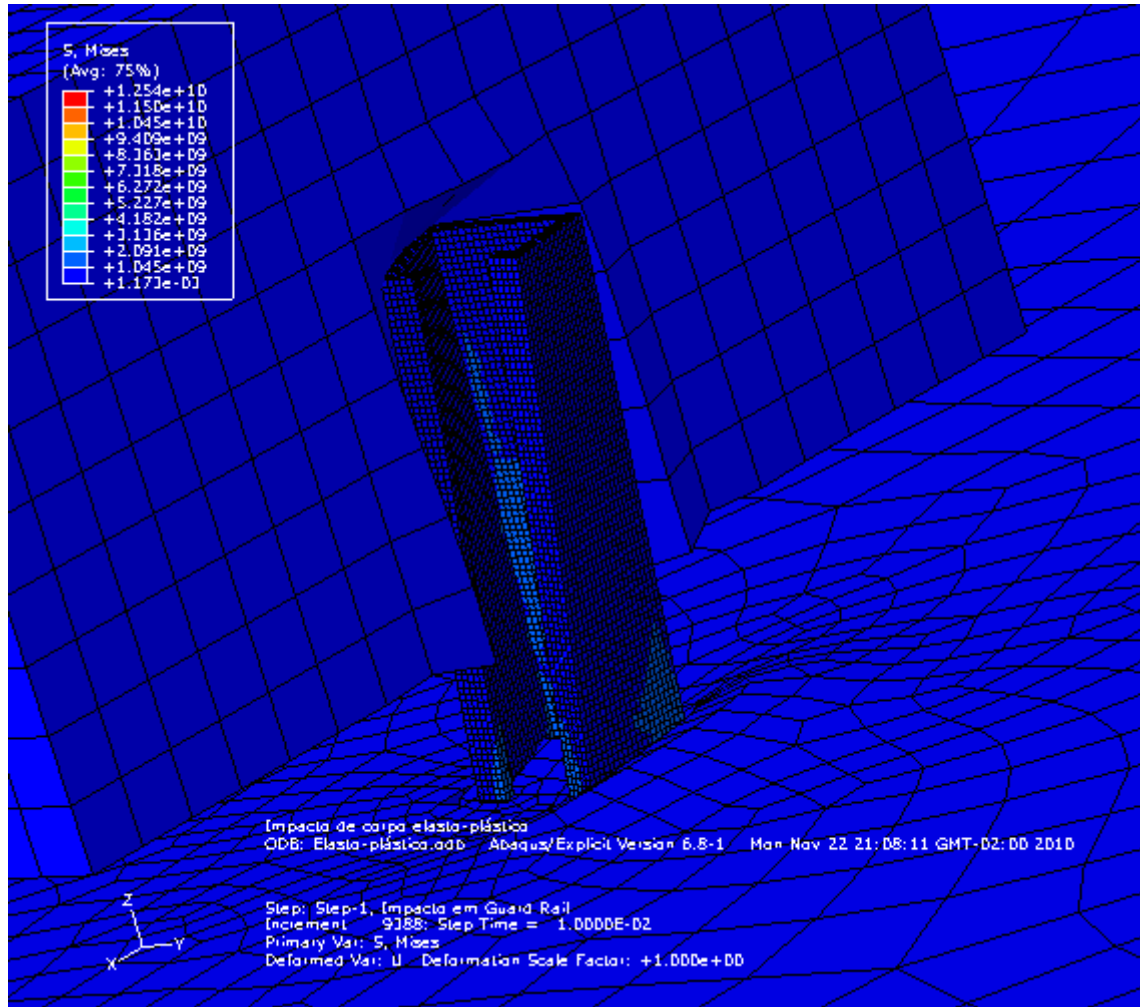


Figura 71: Detalhe que mostra a torção do poste mesmo no impacto direto

Por outro lado, a seção em C tem uma melhor resistência a torções quando impactada obliquamente, como se pode observar na figura. Essa situação na verdade representa a maior parte dos impactos em situações reais.

Os impactos oblíquos em mesmas condições podem ser comparados pelas figuras abaixo

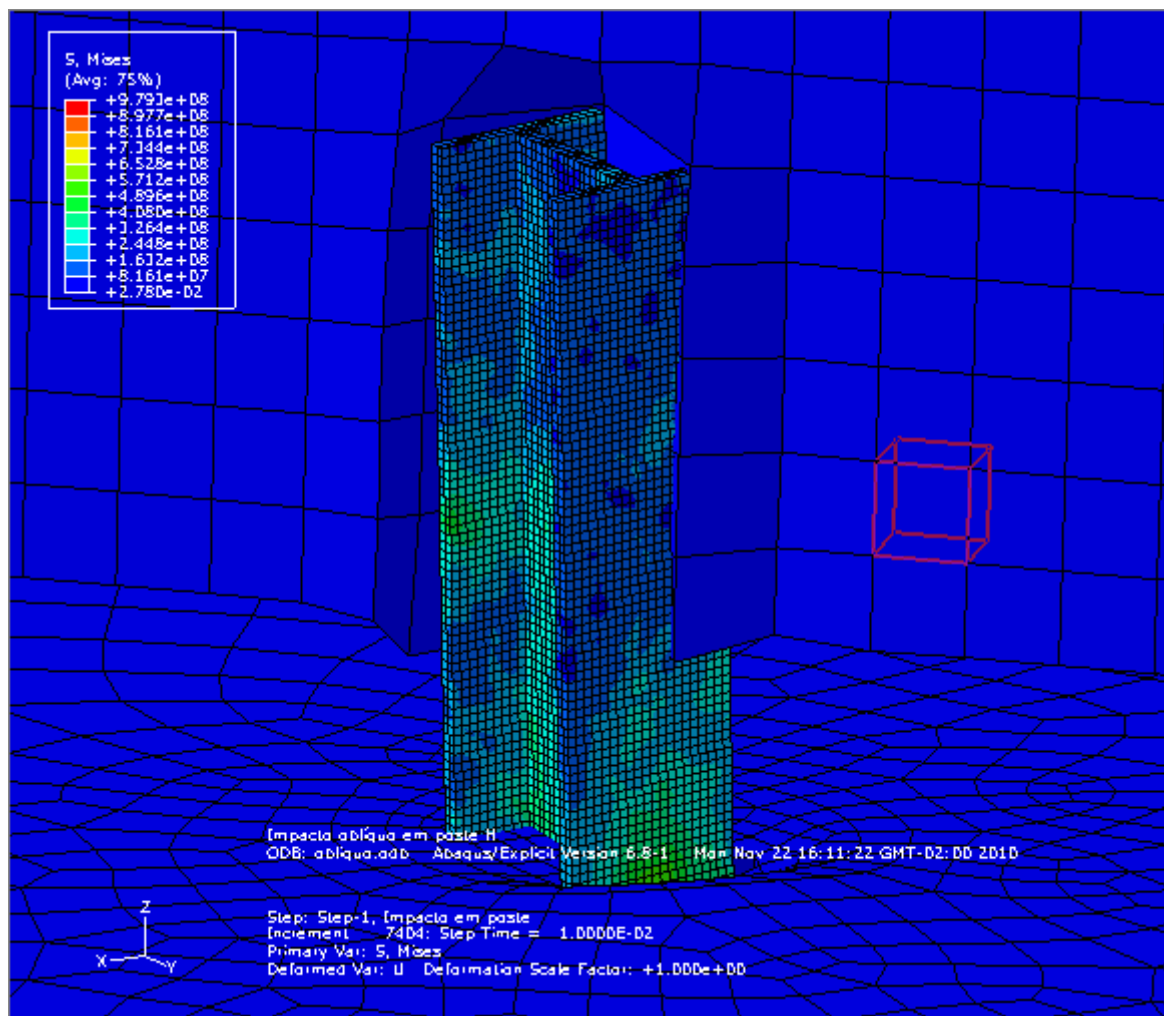


Figura 72: Corpo elasto-plástico impactando o poste de maneira oblíqua

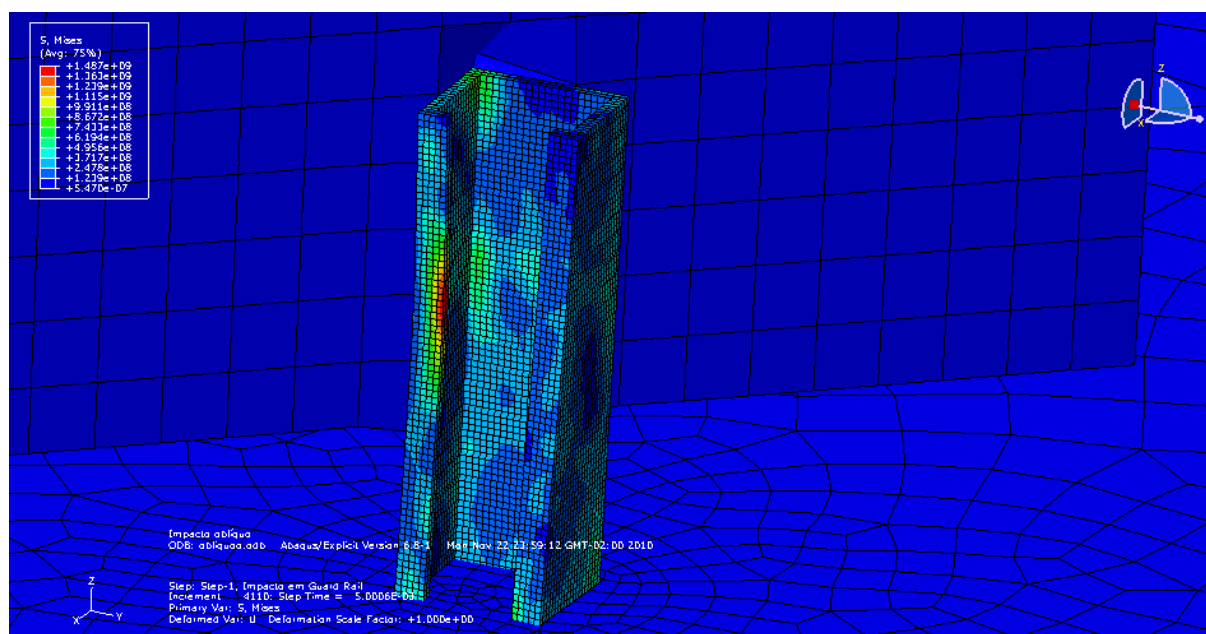


Figura 73: Fase do movimento com maiores tensões

Além do melhor desempenho, por desenvolver menores tensões na base do poste, a seção em H é simétrica, o que ocasiona uma deformação coplanar à força (ou à velocidade do corpo com o qual o poste sofre o impacto) diretamente aplicada, causando um desvio mais eficiente do veículo do acidente.

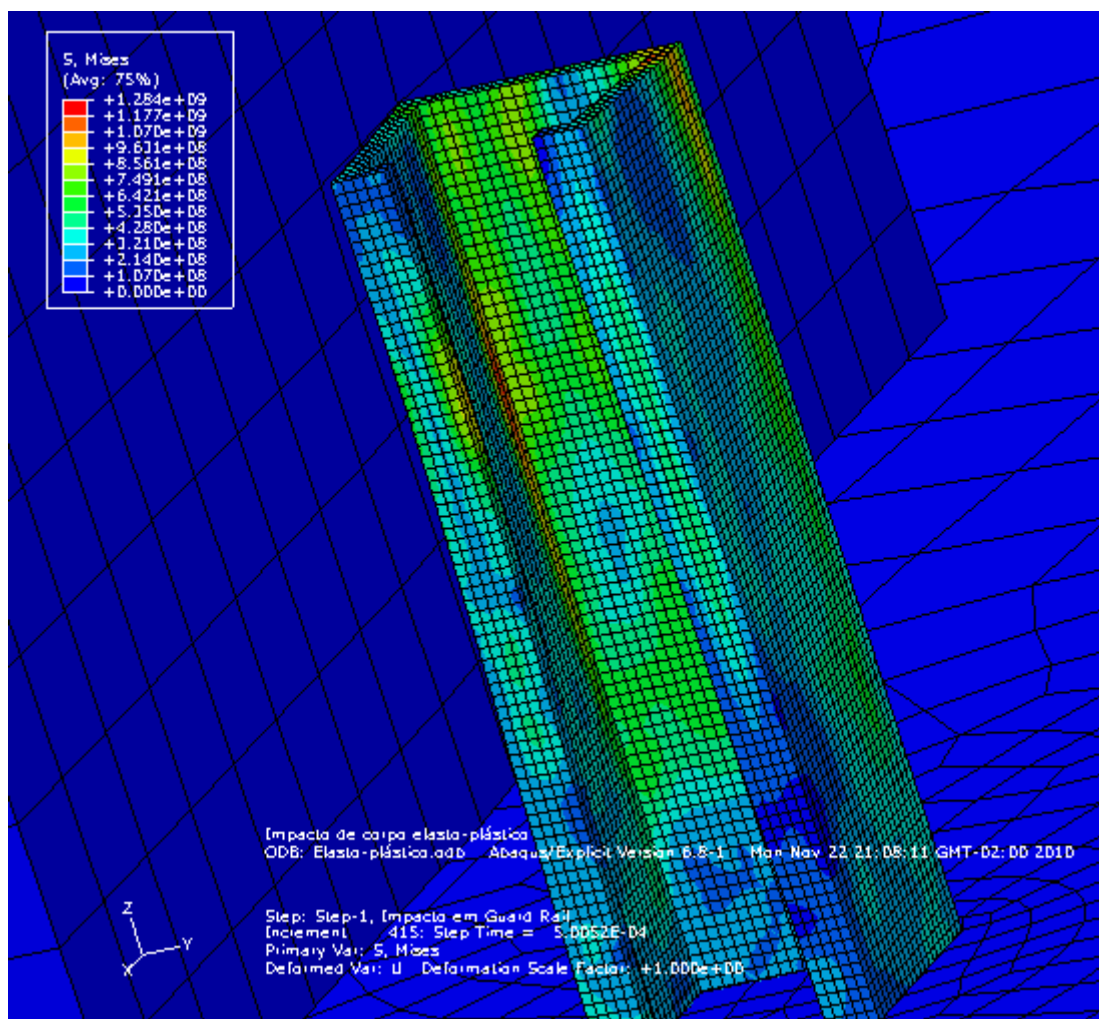


Figura 74: Início do impacto (tensões na parte visível do poste)

Além disso, na seção C observou-se uma má distribuição das tensões causada pela aplicação da carga de impacto em uma seção não-simétrica. Este ponto, apesar de não apresentar grandes tensões no modelo, por se tratar de uma extremidade livre no modelo desenhado, será um ponto causador de concentração de tensões, uma vez que estará diretamente ligado ao corpo do guardrail, e a falta de simetria na deformação pode causar.

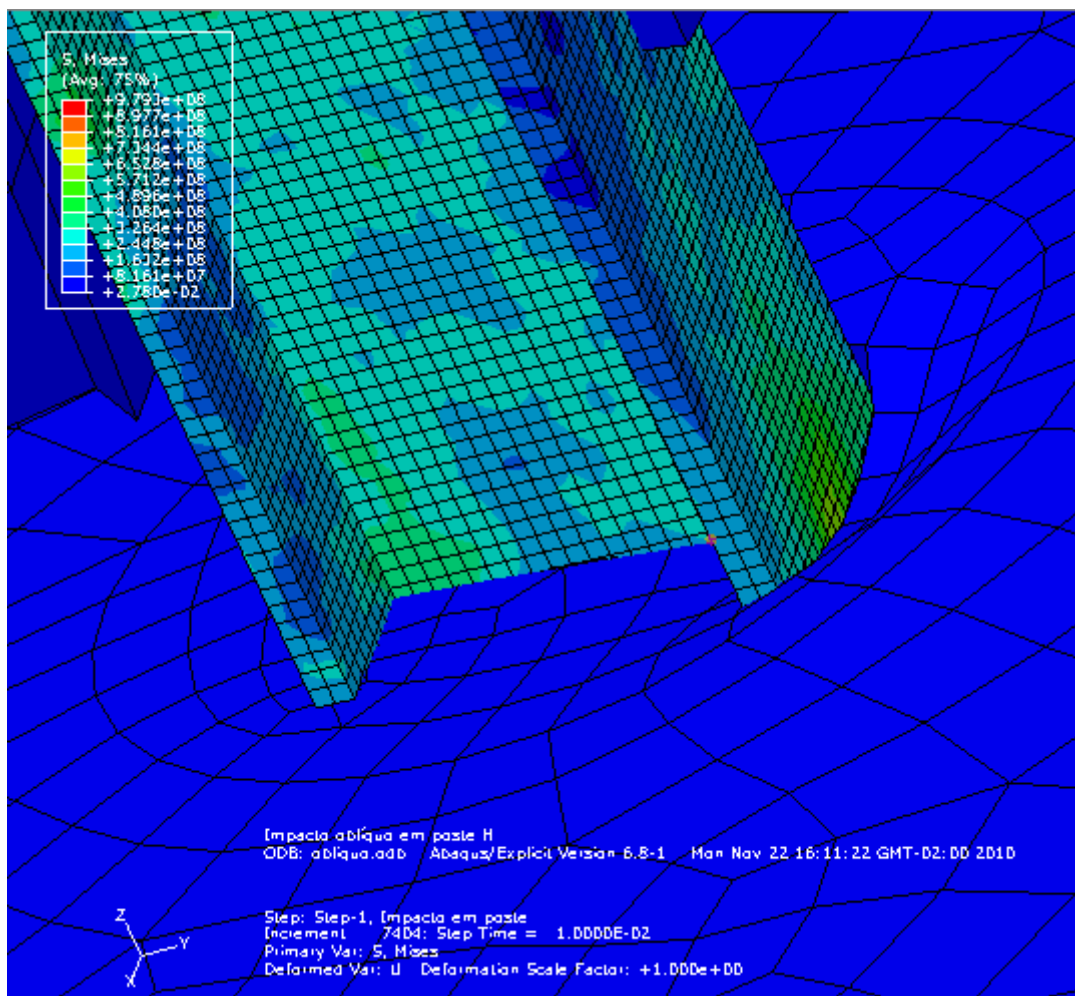


Figura 75: Detalhe da deformação do asfalto

A deflexão do poste de seção transversal H é sensivelmente maior do que no de seção C. Apesar disso, ele ainda apresenta menores tensões residuais máximas e possíveis pontos de problemas, que provavelmente serão ocasionados por sua geometria; adicionalmente, a deflexão do perfil H é coplanar à atuação da força, o que dá maior estabilidade à estrutura durante o processo de deformação devido ao impacto.

5.2. Discussão da segurança

Apesar de apresentar o notado melhor desempenho mecânico quando submetido à carga, o poste perfilado em H apresenta um grave risco à sociedade motociclista, que é, segundo conhecimento geral em nosso país, uma classe muito representativa e em franca expansão, por diversos motivos, como o inchaço da classe C.

Por isso, não se pode negligenciar o perigo que os postes de seção transversal em H representa para esta classe de usuários das estradas e rodovias brasileiras. Tendo isto em vista, o sensível melhor desempenho do poste com seção transversal já discutido não pode ser suficiente para que a escolha entre os dois postes seja esta.

A menos que surjam motivos que representem uma prioridade no projeto de um guardrail com os postes perfilados em H, é preferível a utilização do perfil em C, apesar de falhar mais cedo e causar tensões internas maiores.

6. Conclusões

O trabalho foi motivado pelo alerta da sociedade motociclista sobre o risco que estes sofrem quando submetidos a impactos contra os guardrails. Na pesquisa realizada, destacaram-se dois grandes problemas nesse tipo de colisão: os ferimentos causados quando o corpo passa por baixo da defesa e os graves danos causados pelo choque do corpo contra o poste que sustenta a defesa.

Também foi demonstrado experimentalmente que o uso de equipamentos de segurança como capacete e cordura não têm efeito positivo no caso de impacto do corpo humano contra o poste.

Dessa forma, este trabalho consiste na avaliação mecânica de um poste menos perigoso no caso destes choques, perfilado em C, ao invés de H. Isso porque de acordo com algumas pesquisas com testes, esta seção transversal tem cantos bem menos vivos, sendo menos nociva ao corpo humano no choque.

Para isso, foi realizada uma modelagem das condições do solo, do poste enterrado e da situação de coque de um grande corpo a uma alta velocidade no software de apoio Abaqus, baseado na composição do solo asfaltado encontrado em cidades brasileiras, modelado em camadas homogêneas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (asfalto), concreto comum e areia compactada.

Dois postes foram modelados com mesma altura e mesmas dimensões totais e espessura na seção transversal, em aço, segundo manual do fabricante.

As condições com os dois tipos de poste foram simuladas com diferentes velocidades, direta e obliquamente, com o enterramento indicado pelo fabricante e com diferentes alturas de enterramento.

Foram obtidos resultados de mesma ordem de grandeza para ambos os postes, apesar de surgirem maiores tensões no poste perfilado em C, que por não apresentar simetria também apresenta uma torção.

Com a pesquisa realizada e os resultados obtidos, é possível estabelecer a conclusão de que é viável a substituição dos postes de seção transversal em H por uma menos nociva contra o corpo de uma vítima arremessada de um acidente, geralmente um motociclista, que em uma velocidade não necessariamente tão alta sofre gravíssimos ferimentos, e muitas vezes os acidentes são fatais.

O perfil em C apresentou pior desempenho do que o perfil em H em alguns aspectos como concentração de tensões e deformação, mas não é uma diferença que justifique manter o projeto das defensas metálicas da maneira que são construídas hoje, colocando em risco a vida de milhares de pessoas que todos os dias são expostas ao risco que estas oferecem.

Além disso, seu desempenho na simulação de choque oblíquo foi melhor do que com o poste de seção H, por reagir melhor à torção, apresentando menores tensões e deformação, quando submetidos às mesmas condições.

Dessa forma, chega-se à conclusão de que a substituição dos postes perfilados em H pelos perfilados em C é viável e muito importante, uma vez que envolve a segurança de uma parcela significativa da população.

7. Referências Bibliográficas

1. Hampton, C. G., The Emerging Risk of Fatal Motorcycle Crashes with Guardrails, Department of Mechanical Engineering Virginia Tech Center for Injury Biomechanics, Blacksburg, VA, 2007.
2. Quincy, R., Vulin, D., and Mounier, B., “Motorcycle Impacts with Guardrails”, Transportation Research Circular, No. 341, pp. 23-28, 1988.
3. Plaxico C, Patzner G. S., Ray M. H., Finite element modeling of guardrail timber posts and the post-soil interaction, Washington D.C. Transportation Research Board, 1997.
4. Gibson, T. and Benetatos, E., Motorcycles and Crash Barriers, NSW Motorcycle Council Report, 2000.
5. Sicking, D. L., Applications of simulation in design and analysis of roadside safety features, National Research Council , Washington D.C, 1995.
6. Rosson, B. T., M. G. Bierman, J. R. Rohde, Assessment of Guardrail - Strengthening Techniques, Transportation Research Record 1528, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996, pp. 69–77.
7. Ross, H. E., Jr., D. L. Sicking, R. A. Zimmer, J. D. Michie, NCHRP Report 350: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1993.
8. Ross, H. E., Jr., H. S. Perera, D. L. Sicking, R. P. Bligh, NCHRP Report 318: Roadside Safety Design for Small Vehicles. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1989.
9. Abaqus User’s Manual
10. www.motoseguranca.com.br/downloads/guard_rails.pdf

11. Saraiva, S.L.C., Metodologia e Análise experimental do comportamento geotécnico da estrutura de pavimentos rodoviários, UFOP, 2006.
12. Bernucci, L.B.; Motta, L.M.G; Ceratti, J.A.P; Soares, J.B., Pavimentação Asfáltica – Formação básica para engenheiros, Proasfalto, 2008.
13. Silva, R. M. S; Lages, E.N.; Ramos, V.C.L; Galindo, V.S.; Uma Análise Numérica do Comportamento Mecânico de Dutos Enterrados, CILAMCE 2008 (Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering), 2008.
14. Silva, R. M. S., Lages, E. N., Ferreira, F. M. G., Ramos, V. C. L., 2004. Modelagem de Dutos Enterrados sob Condição de Vala Utilizando o Método dos Elementos Finitos. In: III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Anais (CD), 10-13/Ago, Belém/Pará/Brasil.
15. Catálogo “Barreiras de Tráfego de Segurança” Marcegaglia, www.marcegaglia.com

8. Anexos

- 8.1. Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em H
- 8.2. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em H
- 8.3. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em H
- 8.4. Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em C
- 8.5. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em C
- 8.6. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em C

8.1 Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em H

Abaqus Version 6.8-1

Date 15-Nov-2010 Time 08:22:09

For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*      *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*      BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
*
* Please make sure you are using version 6.8 manuals
* plus the notes accompanying this release.
*
*
```

```

*
*
* * * * *

```

```

PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

END PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

OPTIONS BEING PROCESSED
*****

```

```

*Heading
    Impacto de corpo rígido
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_PART-8-1__PICKEDSET5
*Elset, elset=ASSEMBLY_PART-8-1__PICKEDSET5
*Node
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET119
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET121
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET121
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF115_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF116_S4

```

```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF116_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S6
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF115
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF116
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF115
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF116
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*material, name=Aço
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=POLIPROPILENO
*density
*elastic
*material, name="TEÓRICO [VEÍCULO]"
*density
*elastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA

```

```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_PART-8-1__PICKEDSET5, material=Aço
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_PART-8-1__PICKEDSET5, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_PART-8-1__PICKEDSET5, material=Aço
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET119, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET120
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1
*Step, name=Step-1
Impacto em poste
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
SUPPRESSED.
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary
*Step, name=Step-1

```

```

*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA1
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA3
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA4
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-
VEICULORIGIDO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	57393
NUMBER OF NODES IS	76965
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	76965
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	230898
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	12.800
SYSTEM TIME (SEC)	=	0.80000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	13.600
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	17

8.2. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em H

Abaqus Version 6.8-1 Date 19-Nov-2010 Time 13:34:20
For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*          *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*          BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
*
* Please make sure you are using version 6.8 manuals
* plus the notes accompanying this release.
```

```

*
*
*
*
* * * * *

```

```

PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

END PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

OPTIONS BEING PROCESSED
*****

```

```

*Heading
    Impacto em corpo com parachoques elástico
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_
*Nset, nset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47
*Elset, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET107
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET107
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF105_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF106_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF106_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S5

```



```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S6
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF105

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF106
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF105
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF106
*material, name=AÇO
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=POLIPROPILENO
*density
*elastic
*plastic
*material, name="TEÓRICO [VEÍCULO]"
*density
*elastic
*material, name=VEÍCULO
*density
*elastic
*plastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47, material=VEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO

```

```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47, material=VEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47, material=VEÍCULO
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1

***WARNING: NODE SET ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_ HAS NO MEMBERS AND WILL
           BE IGNORED.  NODES DEFINED IN THIS SET MAY HAVE BEEN DELETED
           BECAUSE THEY WERE NOT CONNECTED TO ANY ELEMENTS.

*Step, name=Step-1
Impacto em poste
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
        SUPPRESSED.

*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary
*Step, name=Step-1
*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA1
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA2

```

```

*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA3
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA4
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-VEÍCULO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	59143
NUMBER OF NODES IS	79109
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	79109
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	237327
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	13.700
SYSTEM TIME (SEC)	=	0.90000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	14.600
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	20

8.3. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em H

Abaqus Version 6.8-1 Date 19-Nov-2010 Time 14:38:04
For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*      *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*          BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
* Please make sure you are using version 6.8 manuals
* plus the notes accompanying this release.
*
*
```

```

*
*
* * * * *

```

```

PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

END PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****

```

```

OPTIONS BEING PROCESSED
*****

```

```

*Heading
    Impacto oblquo
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_BERO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_BERO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_VECULO-1_VECULO-REFPT_
*Nset, nset=ASSEMBLY_VECULO-1__PICKEDSET47
*Elset, elset=ASSEMBLY_VECULO-1__PICKEDSET47
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET107
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET107
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET99
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF105_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF106_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF106_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S4

```

```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF62_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF63_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF64_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF65_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF66_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF67_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF68_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF69_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF70_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF71_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF72_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF73_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF74_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF75_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF76_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF77_S6
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF105
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF106
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF76
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF77
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF105
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF106
*material, name=AÇO
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=POLIPROPILENO
*density
*elastic
*plastic
*material, name="TEÓRICO [VEÍCULO]"
*density
*elastic
*material, name=VEÍCULO
*density
*elastic
*plastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET2, material=VEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO

```



```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47, material=VEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET47, material=VEÍCULO
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1

***WARNING: NODE SET ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_ HAS NO MEMBERS AND WILL
            BE IGNORED.  NODES DEFINED IN THIS SET MAY HAVE BEEN DELETED
            BECAUSE THEY WERE NOT CONNECTED TO ANY ELEMENTS.

*Step, name=Step-1
Impacto em poste
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF62
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF63
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF64
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF65
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF66
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF67
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF68
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF69
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF70
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF71
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF72
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF73
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF74
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF75

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
        SUPPRESSED.

*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary
*Step, name=Step-1
*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA1

```

```

*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA3
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-AREIA4
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-VEÍCULO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	59143
NUMBER OF NODES IS	79109
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	79109
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	237327
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	13.200
SYSTEM TIME (SEC)	=	0.80000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	14.000
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	17

8.4. Data File da simulação de Impacto de corpo rígido contra poste em C

Abaqus Version 6.8-1 Date 18-Nov-2010 Time 21:46:33
For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*          *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*          BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
*
* Please make sure you are using version 6.8 manuals
* plus the notes accompanying this release.
```

```

*
*
*
*
* * * * *

```

```

PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****
END PROCESSING PART, INSTANCE, AND ASSEMBLY INFORMATION
*****
OPTIONS BEING PROCESSED
*****

```

```

*Heading
    Impacto de Corpo Rígido

*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Elset, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2
*Node
*Element, type=C3D8R
*Nset, nset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_
*Nset, nset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4
*Elset, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET44
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET45
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET46
*Nset, nset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET44
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET45
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF21_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF21_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF21_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF22_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF22_S5

```

```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF42_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S6
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*material, name=Aço
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=MATERIALVEÍCULO
*density
*elastic
*plastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA

```

```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*rigidbody, refnode=ASSEMBLY__PICKEDSET46, elset=ASSEMBLY__PICKEDSET47
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1
*Step, name=Step-1
Impacto em Guard Rail
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
SUPPRESSED.
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary

```

```

*Step, name=Step-1
*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-VEÍCULO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	55808
NUMBER OF NODES IS	76721
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	76721
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	230166
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	13.000
SYSTEM TIME (SEC)	=	0.80000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	13.800
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	30

8.5. Data File da simulação de Impacto de corpo elasto-plástico contra poste em C

Abaqus Version 6.8-1 Date 15-Nov-2010 Time 21:00:51
For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*      *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*          BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
*
```



```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF42_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S6
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*material, name=Aço
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=MATERIALVEÍCULO
*density
*elastic
*plastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO

```

```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1

***WARNING: NODE SET ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_ HAS NO MEMBERS AND WILL
           BE IGNORED.  NODES DEFINED IN THIS SET MAY HAVE BEEN DELETED
           BECAUSE THEY WERE NOT CONNECTED TO ANY ELEMENTS.

*Step, name=Step-1
Impacto em Guard Rail
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
        SUPPRESSED.

*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary
*Step, name=Step-1
*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO

```

```

*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-VEÍCULO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	55808
NUMBER OF NODES IS	76720
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	76720
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	230160
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	12.900
SYSTEM TIME (SEC)	=	1.0000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	13.900
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	24

8.6. Data File da simulação de Impacto oblíquo de corpo contra poste em C

Abaqus Version 6.8-1 Date 20-Nov-2010 Time 21:38:46
For use by Team oDDiTy under license from Dassault Systemes or its subsidiary.

The Abaqus Software is a product of:

Dassault Systemes Simulia Corp.
Rising Sun Mills
166 Valley Street
Providence, RI 02909-2499, USA

The Abaqus Software is available only under license
from Dassault Systemes or its subsidiary and may be
used or reproduced only in accordance with the terms
of such license.

On machine Patnonaka-PC
you are authorized to run
Abaqus/Explicit until 07-Jul-2012

Your site id is: 305419896

For assistance or any other information you may
obtain contact information for your local office
from the world wide web at:

<http://www.simulia.com/about/locations.html>

```
* * * * *
*
*          *****
*      *   N O T I C E   *
*          *****
*
*
*          Abaqus Version 6.8-1
*
*          BUILD ID: 2008_05_02-13.37.42 86896
*
*
```



```

*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF23_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF24_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF27_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF28_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF29_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF30_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF31_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF32_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF33_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF34_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF35_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF36_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S5
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF37_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF38_S6
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF42_S1
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S3
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S4
*Elset, elset=ASSEMBLY__PICKEDSURF43_S6
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33

```

```

*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF37
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF38
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF42
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF43
*material, name=Aço
*density
*elastic
*material, name=AREIA
*density
*elastic
*material, name=ASFALTO
*density
*elastic
*material, name=CONCRETO
*density
*elastic
*material, name=MATERIALVEÍCULO
*density
*elastic
*plastic
*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=Aço
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO

```

```

*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_POSTE-1__PICKEDSET2, material=AÇO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ASFALTO-1__PICKEDSET2, material=ASFALTO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_CONCRETO-1__PICKEDSET2, material=CONCRETO
*solidsection, elset=ASSEMBLY_ATERRO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_BERÇO-1__PICKEDSET2, material=AREIA
*solidsection, elset=ASSEMBLY_VEÍCULO-1__PICKEDSET4, material=MATERIALVEÍCULO
*initialconditions, type=VELOCITY
*friction
*initialconditions, type=VELOCITY
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*Step, name=Step-1

***WARNING: NODE SET ASSEMBLY_VEÍCULO-1_VEÍCULO-REFPT_ HAS NO MEMBERS AND WILL
           BE IGNORED.  NODES DEFINED IN THIS SET MAY HAVE BEEN DELETED
           BECAUSE THEY WERE NOT CONNECTED TO ANY ELEMENTS.

*Step, name=Step-1
Impacto em Guard Rail
*dynamic, explicit
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF21
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF22
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF23
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF24
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF27
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF28
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF29
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF30
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF31
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF32
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF33
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF34
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF35
*surface, type=ELEMENT, name=ASSEMBLY__PICKEDSURF36

***NOTE: DUE TO EXCESSIVE REPORTING, THE ECHO OF THE *SURFACE OPTION IS BEING
        SUPPRESSED.

*surfaceinteraction, name=INTPROP-1
*friction
*boundary
*Step, name=Step-1
*dynamic, explicit
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ASFALTO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO

```

```

*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-ATERRO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-BERÇO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-CONCRETO2
*contactpair, interaction=INTPROP-1, mechanicalconstraint=KINEMATIC, cpset=POSTE-VEÍCULO
*output, field, variable=PRESELECT
*output, history, variable=PRESELECT
*endstep

```

P R O B L E M S I Z E

NUMBER OF ELEMENTS IS	55808
NUMBER OF NODES IS	76720
NUMBER OF NODES DEFINED BY THE USER	76720
TOTAL NUMBER OF VARIABLES IN THE MODEL	230160
(DEGREES OF FREEDOM PLUS ANY LAGRANGE MULTIPLIER VARIABLES)	

END OF USER INPUT PROCESSING

JOB TIME SUMMARY

USER TIME (SEC)	=	16.400
SYSTEM TIME (SEC)	=	1.3000
TOTAL CPU TIME (SEC)	=	17.700
WALLCLOCK TIME (SEC)	=	41