



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

GUSTAVO HENRIQUE PINHEIRO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DO PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO NA
DEFORMAÇÃO ELÁSTICA: ANÁLISE DE MODELAGEM COM ELEMENTOS
FINITOS E INFINITOS PARA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

FORTALEZA

2024

GUSTAVO HENRIQUE PINHEIRO DA SILVA

INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DO PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO NA
DEFORMAÇÃO ELÁSTICA: ANÁLISE DE MODELAGEM COM ELEMENTOS FINITOS E
INFINITOS PARA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58i Silva, Gustavo Henrique Pinheiro da.
Influência das propriedades do pavimento aeroportuário na deformação elástica: Análise de modelagem com elementos finitos e infinitos para gerência de pavimentos / Gustavo Henrique Pinheiro da Silva. – 2024.
431 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.
1. análise elástica. 2. elementos finitos. 3. elementos infinitos. 4. pista de pouso e decolagem. 5. gerência de pavimentos. I. Título.

CDD 388

GUSTAVO HENRIQUE PINHEIRO DA SILVA

INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DO PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO NA
DEFORMAÇÃO ELÁSTICA: ANÁLISE DE MODELAGEM COM ELEMENTOS FINITOS E
INFINITOS PARA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Aprovada em: 20/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de
Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Iuri Sidney Bessa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Cláudia Azevedo Pereira
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Aos professores que me guiaram por todo o caminho até aqui, aos colegas de pesquisa e de profissão e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira, pela excelente orientação, pela paciência por conta das muitas versões que esse texto teve. Aos professores participantes da banca de defesa Prof. Cláudia Azevedo Pereira e Prof. Dr. Iuri Sidney Bessa bem como ao Prof. Dr. Lucas Feitosa de Albuquerque Lima Babadopulos, participante na qualificação do mestrado, pelo tempo para a correção desse trabalho bem como pelas valiosas colaborações e sugestões. A minha família, em especial minha mãe, dona Francisca Eleneida Pinheiro da Silva, que sempre me apoiou e incentivou a estudar e sempre me deu o suporte para continuar os estudos e a produção da dissertação. A minha namorada Gabriela Lobo, que me ajudou lendo e relendo este documento, me compreendeu nos momentos em que eu não podia estar presente, quando não conseguia sair e quando tinha às vezes que imergir na pesquisa.

Agradeço também à turma de orientandos do Prof. Heber, que compartilhando dos mesmos percalços, sempre tentou se ajudar na pesquisa, nunca deixando de lado o bom humor. Em especial, ao companheiro de orientação Wémenson Chaves pelos artigos científicos divididos. Aos engenheiros Arthur Feijó e Ms. Yago Machado pelos tira-dúvidas sobre o ABAQUS e aos colegas da turma de mestrado, em especial ao Nelson, Anderson, Cristina, Gabriela, Rubia, Altanízio, Gustavo, Larissa, pelos encontros para conversar e debates sobre estatística. Ao professor Francisco Martins pela revisão textual desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) Código de Financiamento 001.

"Medicina, direito, administração, engenharia, são atividades nobres, necessárias à vida. Mas a poesia, a beleza, o romance, o amor, são as coisas pelas quais vale a pena viver"
(Sociedade dos poetas mortos, 1989)

RESUMO

A escolha de materiais na concepção dos pavimentos aeroportuários é fundamental para garantir a segurança operacional dos pousos e das decolagens, bem como definir os custos de projeto de construção ou manutenção. Para tanto, é necessário entender como as características dos materiais constituintes dos pavimentos afetam as deformações nas pistas de pouso e decolagem a fim de definir estratégias para otimização dos projetos. Esta Dissertação tem como objetivo principal analisar se existem propriedades elásticas que devam ser priorizadas no projeto de pavimentos aeroportuários. A pesquisa foi desenvolvida com base no modelo 3D de elementos finitos, no *software* ABAQUS 2020, com aeronaves de eixo simples, eixo em *tandem* duplo e eixo em *tandem* triplo. Para otimizar o tempo de execução das simulações, foram calibrados: o comprimento do pavimento simulado (25 simulações), a espessura do subleito adotada (25 simulações) e o tamanho das malhas de elementos finitos e infinitos (1.728 simulações). Além disso, foram executadas 2.733 simulações de deformações para a análise estatística das características dos pavimentos. Após as simulações de calibração, considerou-se 3,15m como a espessura do subleito em uma camada de elementos infinitos, e para comprimento do pavimento simulado. Para a malha do modelo, foram adotados três tamanhos de elemento de particionamento: 0,05 m, 0,1 m e 0,5 m conforme proximidade dos pontos de aplicação de carga. Para a análise estatística, foi aplicado o teste de *Bootstrap*, que identifica a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os parâmetros de análise. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que há impacto diferente entre as variáveis elásticas para a variação das deformações. Além disso, o tipo de eixo impacta diretamente na distribuição de tensões e deformações e, portanto, deve ser levado em consideração na priorização das propriedades em fase de projeto. Por fim, destaca-se que as variáveis mais importantes para os projetos de implantação e manutenção de pavimentos aeroportuários são a espessura do revestimento, módulo de elasticidade da camada de base e módulo de elasticidade da camada de subleito, ordenados em importância.

Palavras-chave: análise elástica; elementos finitos; elementos infinitos; pista de pouso e decolagem, gerência de pavimentos

ABSTRACT

The choice of materials when designing airport runways is fundamental to guaranteeing the operational safety of landings and take-offs, as well as defining the costs of construction or maintenance projects. To this end, it is necessary to understand how the characteristics of runway materials affect runway deformations in order to define design optimization strategies. The main objective of this Dissertation is to analyze whether there are elastic properties that should be prioritized in the design of airport runways. The research was carried out using a 3D finite element model in the ABAQUS 2020 software, with single axle, double tandem axle and triple tandem axle aircraft. In order to optimize the simulation runtime, the following were calibrated: the length of the simulated runway (25 simulations), the subgrade thickness adopted (25 simulations) and the size of the finite and infinite element meshes (1,728 simulations). In addition, 2,733 deformation simulations were carried out for the statistical analysis of runway characteristics. After the calibration simulations, 3.15m was taken as the thickness of the subgrade in an infinite element layer, and for the length of the simulated runway. Three partitioning element sizes were adopted for the model mesh: 0.05 m, 0.1 m and 0.5 m according to the proximity of the load application points. For the statistical analysis, the Bootstrap test was applied, which identifies the existence of statistically significant differences between the analysis parameters. The results show that the elastic variables have a different impact on the variation in deformation. In addition, the type of axle has a direct impact on the distribution of stresses and strains and should therefore be taken into account when prioritizing properties at the design stage. Finally, the most important variables for airport runway implementation and maintenance projects are the thickness of the surface, the modulus of elasticity of the base layer and the modulus of elasticity of the subgrade layer, in order of importance.

Keywords: elastic analysis; finite elements; infinite elements; runway; pavement management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elemento finito 1D	36
Figura 2 – Representação do modelo de pavimento representado por elementos finitos 2D	37
Figura 3 – Representação do modelo de pavimento representado por axi-simetria . . .	38
Figura 4 – Representação de modelo de pavimento representados por elementos finitos 3D	38
Figura 5 – Fissuras por Fadiga	51
Figura 7 – Fissuras em forma de bloco	51
Figura 6 – Fissuras por Reflexão	52
Figura 8 – Fluxograma das etapas realizadas nessa Dissertação	62
Figura 9 – Fluxograma das etapas realizadas para otimização do modelo	63
Figura 10 – Representação esquemática das rodas - <i>Boeing 737-800</i>	65
Figura 11 – Representação esquemática das rodas - <i>Boeing 767-300</i>	66
Figura 12 – Representação esquemática das rodas - <i>Boeing 777-300</i>	68
Figura 13 – Esquemático das condições de apoio no pavimento	69
Figura 14 – Esquemático de Travas Y no retângulo de simetria	70
Figura 15 – Esquemático engaste	71
Figura 16 – Esquemático de simetria X no retângulo de simetria	72
Figura 17 – Esquemático de simetria Y no retângulo de simetria	72
Figura 18 – Retângulo de simetria das aeronaves	74
Figura 19 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o <i>Boeing 737-800</i> . .	75
Figura 20 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o <i>Boeing 767-300</i> . .	75
Figura 21 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o <i>Boeing 777-300</i> . .	76
Figura 22 – Pavimento crítico analisado	92
Figura 23 – Calibração da espessura do subleito	93
Figura 24 – Deformação E_y do subleito conforme espessura adotada	94
Figura 25 – Deformação E_z do subleito conforme espessura adotada	96
Figura 26 – Malha indeformada de elementos finitos com o maior número de elementos -0.05 m-0.1 m-0.25 m	97
Figura 27 – Modelo deformado com o maior número de elementos finitos	97
Figura 28 – Malha indeformada de elementos finitos não adotada - 0.05m-0.1m-3.0m . .	98
Figura 29 – Malha de elementos finitos não adotada	99
Figura 30 – Malha indeformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-1.5m	100

Figura 31 – Malha de elementos finitos deformados - 0.05m-0.1m-1.5m	100
Figura 32 – Variação de deformação com coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito, <i>Boeing</i> 737-800 - <i>Mesh</i> 0.05m-0.1m-1.5m	101
Figura 33 – Variação de deformação com módulo de elasticidade da base, <i>Boeing</i> 737-800 - <i>Mesh</i> 0.05m-0.1m-1.5m	102
Figura 34 – Malha indeformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-0.5m	103
Figura 35 – Malha deformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-0.5m	103
Figura 36 – <i>Outlier</i> da espessura da base para o <i>Boeing</i> 737-800	104
Figura 37 – Plano horizontal de deformações do <i>Boeing</i> 737-800 com espessura de base de 1,1379 m	105
Figura 38 – Deformações verticais do <i>Boeing</i> 737-800 com espessura de base de 1,1379 m	106
Figura 39 – Plano horizontal de deformações do <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem</i> Triplo com espessura de base de 1,1379 m	106
Figura 40 – Deformações verticais do <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem</i> Triplo com espes- sura de base de 1,1379 m	107
Figura 41 – Distribuição da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples	108
Figura 42 – Distribuição da variação espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples	109
Figura 43 – Distribuição da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 767-300 - Eixo <i>Tandem</i> Duplo	111
Figura 44 – Distribuição da variação da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 767-300 - Eixo <i>Tandem</i> Duplo	112
Figura 45 – Distribuição da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem</i> Triplo	113
Figura 46 – Distribuição da variação da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem</i> Triplo	114
Figura 47 – Distribuição da espessura da base para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples . .	116
Figura 48 – Distribuição da variação da espessura da base para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples	117
Figura 49 – Distribuição da variação da espessura da base para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples sem <i>outliers</i>	118

Figura 50 – Distribuição da espessura da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	119
Figura 51 – Distribuição da variação da espessura da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	120
Figura 52 – Distribuição da espessura da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	121
Figura 53 – Distribuição da variação da espessura da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	122
Figura 54 – Distribuição da espessura da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i> - sem <i>outliers</i>	123
Figura 55 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo <i>Simples</i>	125
Figura 56 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo <i>Simples</i>	126
Figura 57 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	127
Figura 58 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	128
Figura 59 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	129
Figura 60 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	130
Figura 61 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo <i>Simples</i>	131
Figura 62 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo <i>Simples</i>	132
Figura 63 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	133
Figura 64 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	134
Figura 65 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	136
Figura 66 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	137

Figura 67 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	138
Figura 68 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing</i> <i>737-800</i> - Eixo Simples	139
Figura 69 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	140
Figura 70 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing</i> <i>767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	141
Figura 71 – Distribuição do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	142
Figura 72 – Distribuição da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing</i> <i>777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	143
Figura 73 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 737-</i> <i>800</i> - Eixo Simples	144
Figura 74 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	145
Figura 75 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 767-</i> <i>300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	146
Figura 76 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	147
Figura 77 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 777-</i> <i>300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	148
Figura 78 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	149
Figura 79 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	151
Figura 80 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing</i> <i>737-800</i> - Eixo Simples	152
Figura 81 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	153
Figura 82 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing</i> <i>767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	154

Figura 83 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	155
Figura 84 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	156
Figura 85 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	158
Figura 86 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	159
Figura 87 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	160
Figura 88 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	161
Figura 89 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	162
Figura 90 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	164
Figura 91 – Distribuição da pressão dos pneus da aeronave para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	165
Figura 92 – Distribuição da variação da Pressão dos Pneus da aeronave para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	166
Figura 93 – Distribuição da Pressão dos Pneus da aeronave para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	167
Figura 94 – Distribuição da variação da pressão dos pneus da aeronave para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	168
Figura 95 – Distribuição da pressão dos pneus da aeronave para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	169
Figura 96 – Distribuição da variação da pressão dos pneus da aeronave para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de pavimentos Alize-LCPC	46
Tabela 2 – Lista de pavimentos testados pela NF P98-086-2019	47
Tabela 3 – Lista de materiais usados pelo Faarfield 2.0.18	48
Tabela 5 – Lista de espessuras de revestimento encontrados em artigos	48
Tabela 4 – Lista de pavimentos-padrão usado pelo Faarfield 2.0.18	49
Tabela 6 – Lista de Módulos de elasticidade encontrados em artigos	49
Tabela 7 – Lista de coeficientes de <i>Poisson</i> encontrados em artigos	49
Tabela 8 – Coordenadas das rodas do <i>Boeing 737-800</i>	65
Tabela 9 – Coordenadas das rodas do <i>Boeing 767-300</i>	66
Tabela 10 – Coordenadas das rodas do <i>Boeing 777-300</i>	67
Tabela 11 – Calibração pavimento crítico	91
Tabela 12 – Dados de calibração de espessura do subleito	93
Tabela 13 – Dados de calibração de espessura do subleito	95
Tabela 14 – <i>Outliers</i> da variação da espessura de base do <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	118
Tabela 15 – <i>Outliers</i> da variação da espessura de base do <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> Tripla	124
Tabela 16 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples com rejeição da hipótese nula	172
Tabela 17 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples com aceitação da hipótese nula	173
Tabela 18 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> Duplo com rejeição da hipótese nula	174
Tabela 19 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> Duplo com aceitação da hipótese nula	175
Tabela 20 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> Triplo com rejeição da hipótese nula	176
Tabela 21 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> Triplo com aceitação da hipótese nula	177
Tabela 22 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para comparação de propriedades entre aeronaves com rejeição da hipótese nula	178

Tabela 23 – Dados do teste de <i>bootstrap</i> para comparação de propriedades entre aeronaves com Aceitação da hipótese nula	179
Tabela 24 – Resumo do teste de <i>bootstrap</i> para grupos estatisticamente diferentes	181
Tabela 25 – Resumo das variáveis mais frequentemente maiores	182
Tabela 26 – Resumo do teste de <i>bootstrap</i> para grupos estatisticamente iguais	183

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características da composição da estrutura do pavimento-base	64
Quadro 2 – Características da Aeronave B737-800	66
Quadro 3 – Características da Aeronave B767-300	67
Quadro 4 – Características da Aeronave B777-300	67
Quadro 5 – Composição do pavimento crítico	92
Quadro 6 – Composição do pavimento-base com subleito definido	94
Quadro 7 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	109
Quadro 8 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>737-800</i> - Eixo Simples	110
Quadro 9 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	111
Quadro 10 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	112
Quadro 11 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	113
Quadro 12 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	115
Quadro 13 – Análise descritiva da espessura da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	116
Quadro 14 – Análise descritiva da variação da espessura da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	117
Quadro 15 – Análise descritiva da espessura da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> <i>Duplo</i>	119
Quadro 16 – Análise descritiva da Variação da espessura da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	120
Quadro 17 – Análise descritiva da espessura da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem</i> <i>Triplo</i>	121
Quadro 18 – Análise descritiva da variação da espessura da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	122
Quadro 19 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	125

Quadro 20 – Análise descritiva da variação do coeficiente de <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	126
Quadro 21 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	127
Quadro 22 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	128
Quadro 23 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	129
Quadro 24 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	130
Quadro 25 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	132
Quadro 26 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	133
Quadro 27 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	134
Quadro 28 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	135
Quadro 29 – Análise descritiva do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	136
Quadro 30 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	137
Quadro 31 – Análise descritiva do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	138
Quadro 32 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	139
Quadro 33 – Análise descritiva do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	140
Quadro 34 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	141
Quadro 35 – Análise descritiva do coeficiente de <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	142

Quadro 36 – Análise descritiva da variação do <i>Poisson</i> do subleito para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	143
Quadro 37 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	145
Quadro 38 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>737-800</i> - Eixo Simples	146
Quadro 39 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	147
Quadro 40 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	148
Quadro 41 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	149
Quadro 42 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o <i>Boeing</i> <i>777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	150
Quadro 43 – Análise descritiva da elasticidade da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	151
Quadro 44 – Análise descritiva da variação da elasticidade da base para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	152
Quadro 45 – Análise descritiva da elasticidade da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	153
Quadro 46 – Análise descritiva da variação da elasticidade da base para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	154
Quadro 47 – Análise descritiva da elasticidade da base para o <i>Boeing 777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	155
Quadro 48 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade da base para o <i>Boeing</i> <i>777-300</i> - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	157
Quadro 49 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	158
Quadro 50 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade do subleito para o <i>Boeing 737-800</i> - Eixo Simples	159
Quadro 51 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o <i>Boeing 767-300</i> - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	161

Quadro 52 – Análise descritiva da variação da elasticidade do subleito para o <i>Boeing</i> 767-300 - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	162
Quadro 53 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	163
Quadro 54 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade do subleito para o <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	164
Quadro 55 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples	165
Quadro 56 – Análise descritiva da variação da pressão dos pneus para o <i>Boeing</i> 737-800 - Eixo Simples	166
Quadro 57 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o <i>Boeing</i> 767-300 - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	167
Quadro 58 – Análise descritiva da variação da pressão dos pneus para o <i>Boeing</i> 767-300 - Eixo <i>Tandem Duplo</i>	168
Quadro 59 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o <i>Boeing</i> 777-300 - Eixo <i>Tandem Triplo</i>	169

LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

Código-fonte 1 – Gerador de Modelos da Dissertação	199
Código-fonte 2 – Processamento de Modelos	247
Código-fonte 3 – Gerador de Modelo Aeroportuário Crítico	250
Código-fonte 4 – Coleta de Dados de Modelos Processados	252
Código-fonte 5 – Processamento Estatístico Dos Resultados	260

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
API	<i>Application Programming Interface</i>
BGS	Brita Graduada Simples
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
EDP	Equação Diferencial Parcial
EF	Elemento Finito
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
ME	Módulo de Elasticidade
MEF	Método dos Elementos Finitos
MEI	Método dos Elementos infinitos
MR	Módulo de resiliência
PMD	Peso Máximo de Decolagem
POO	Programação Orientada a Objetos
PPD	pista de pouso e decolagem
SI	Sistema Internacional de Unidades

LISTA DE SÍMBOLOS

E_x	Deformação no eixo X (em metros)
E_y	Deformação no eixo Y (em metros)
E_z	Deformação no eixo Z (em metros)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	26
1.1	Justificativa	26
1.2	Problema de pesquisa	28
1.3	Objetivos	29
1.4	Estrutura da dissertação	29
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1	Histórico da análise de esforços nos pavimentos	32
2.2	Método dos elementos finitos (MEF)	34
2.2.1	<i>Estrutura do modelo</i>	36
2.2.2	<i>Definição da malha de elementos finitos</i>	40
2.3	Método dos elementos infinitos (MEI)	41
2.4	Método de representação dos esforços dos pavimentos	42
2.5	Propriedades de pavimento	42
2.6	Revisão de materiais e espessuras de PPD	45
2.7	Mecanismos de fissuração	50
2.7.1	<i>Estresse causado pelas rodas no pavimento</i>	52
2.7.2	<i>Início do fissuramento e propagação das fissuras</i>	53
2.7.3	<i>Análise linear elástica</i>	53
2.7.3.1	<i>Elementos finitos associados à análise elástica linear</i>	55
2.8	Programas computacionais	56
2.8.1	<i>ABAQUS</i>	56
2.8.2	<i>Programação orientada a objetos</i>	57
2.9	Análise de sensibilidade univariada	58
2.10	Análise estatística	59
2.10.1	<i>Teste de bootstrap</i>	59
2.10.2	<i>Teste de Welch</i>	60
3	MÉTODO DE PESQUISA	62
3.1	Coleta de características da pista de pouso e decolagem (PPD) e cargas padrão	64
3.2	Criação do modelo base por meio do MEF	64

3.2.1	<i>Carga das aeronaves no pavimento</i>	64
3.2.1.1	<i>Boeing 737-800 - eixo simples</i>	65
3.2.1.2	<i>Boeing 767-300 - eixo tandem duplo</i>	66
3.2.1.3	<i>Boeing 777-300 - eixo tandem triplo</i>	67
3.2.2	<i>Condições de apoio dos pavimentos simulados</i>	68
3.2.3	<i>Simetria adotada</i>	73
3.2.3.1	<i>Retângulo de simetria das aeronaves</i>	73
3.2.3.2	<i>Simetria adotada para o Boeing 737-800 - eixo simples</i>	74
3.2.3.3	<i>Simetria adotada para o Boeing 767-300 - eixo tandem duplo</i>	74
3.2.3.4	<i>Simetria adotada para o Boeing 777-300 - eixo tandem triplo</i>	76
3.3	Definição das características pesquisadas e intervalos de análise	77
3.4	A programação orientada a objeto e o software ABAQUS	78
3.4.1	<i>Definição de objeto para a aeronave</i>	79
3.4.2	<i>Definição de objeto para material</i>	80
3.4.3	<i>Definição de objeto para geração de pavimento</i>	80
3.4.4	<i>Nomenclatura das simulações</i>	80
3.5	Pavimentos alternativos para a verificação de parâmetros de pavimento	81
3.5.1	<i>Espessura das camadas de pavimento</i>	82
3.5.2	<i>Módulo de elasticidade do pavimento</i>	83
3.5.3	<i>Alteração do coeficiente de poisson</i>	83
3.5.4	<i>Variação da pressão dos pneus</i>	84
3.6	Pavimento crítico	84
3.7	Definição da espessura do subleito	86
3.8	Definição do comprimento de pavimento simulado	86
3.9	Otimização da malha de elementos finitos	87
3.10	Análise estatística das deformações	89
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4.1	Determinação do pavimento crítico	91
4.2	Calibração da espessura do subleito	92
4.3	Ajuste do comprimento do pavimento	94
4.4	Malha de elementos finitos adotada	96
4.5	Sobre a influência do número de rodas na análise de deformações	104

4.6	Distribuição das deformações conforme os parâmetros de entrada do pavimento	105
4.6.1	<i>Espessuras das camadas</i>	107
4.6.1.1	<i>Espessura de revestimento</i>	108
4.6.1.2	<i>Espessura de base</i>	115
4.6.2	<i>Coefficiente de poisson</i>	124
4.6.2.1	<i>Coefficiente de poisson de revestimento</i>	125
4.6.2.2	<i>Coefficiente de poisson de base</i>	131
4.6.2.3	<i>Coefficiente de poisson do subleito</i>	137
4.6.3	<i>Módulo de elasticidade</i>	144
4.6.3.1	<i>Módulo de elasticidade de revestimento</i>	144
4.6.3.2	<i>Módulo de elasticidade de base</i>	150
4.6.3.3	<i>Módulo de elasticidade do subleito</i>	157
4.6.4	<i>Carregamento da aeronave</i>	164
4.7	Teste de bootstrap e Welch	170
4.7.1	<i>Teste para a estrutura de eixo simples - Boeing 737-800 - eixo simples . . .</i>	171
4.7.2	<i>Teste para a estrutura de eixo tandem duplo - Boeing 767-300</i>	171
4.7.3	<i>Teste para a estrutura de eixo tandem triplo - Boeing 777-300</i>	173
4.7.4	<i>Testes de bootstrap para comparar as mesmas propriedades entre diferentes aeronaves</i>	175
4.7.5	<i>Resumo do teste de bootstrap</i>	180
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	184
5.1	Principais conclusões	184
5.2	Principais limitações	186
5.3	Recomendações para trabalhos futuros	186
	REFERÊNCIAS	188
	APÊNDICE A –CÓDIGO-FONTE GERADOR DE MODELOS NO ABAQUS 2020	199
	APÊNDICE B –CÓDIGO-FONTE PARA PROCESSAMENTO DE MODELO	247
	APÊNDICE C –CÓDIGO-FONTE GERADOR DE PAVIMENTO CRÍTICO	250

APÊNDICE D –CÓDIGOS-FONTE DE COLETA DE DADOS DOS	
 MODELOS	252
APÊNDICE E –CÓDIGO-FONTE PARA PROCESSAMENTO ESTA-	
 TÍSTICO	260
APÊNDICE F –VALOR DE DEFORMAÇÃO ABAIXO DA RODA POR	
 TAMANHO DE <i>MESH</i>	277
APÊNDICE G –VALORES DE DEFORMAÇÃO ABAIXO DA RODA .	337

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, as aeronaves vêm aumentando em tamanho e peso, uma tendência que se espera continuar no futuro (WHITE, 2017). Esse crescimento está relacionado à demanda das companhias aéreas por aeronaves maiores, capazes de transportar mais passageiros e cargas (FABRE; VAURS, 2019). Paralelamente a isso, ocorre uma redução no tempo de ocupação da pista de pouso, resultando em maiores forças de frenagem. Assim, os esforços cortantes próximos à superfície do pavimento têm aumentado de forma contínua e progressiva (WHITE, 2016).

Nesse contexto, o modelo analítico atualmente utilizado no dimensionamento de pavimentos aeroportuários pode ser inadequado e apresentar comportamentos diferentes dos esperados após a aplicação da carga e da pressão dos pneus das aeronaves, especialmente em relação ao esforço cortante na superfície dos pavimentos. Essa variação é ainda mais acentuada em operações realizadas em locais com clima quente (WHITE, 2017). Dessa forma, a avaliação de projetos de implantação, manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários com modelos mais complexos, como o de elementos finitos, é um requisito para obter novos modelos mais assertivos. A modelagem precisa do comportamento dos materiais, das cargas e das condições ambientais é um desafio constante, especialmente pela crescente complexidade dos modelos adotados, motivada pelo avanço do poder computacional (IWANAGA *et al.*, 2022). Esses modelos, podem ser usados para otimização de projetos novos, de manutenção e reabilitação de pavimentos existentes.

1.1 Justificativa

A análise de pavimentos teve início no século XIX para calcular as tensões e deformações em modelos de placas finas. Uma das primeiras metodologias de cálculo desenvolvida para solos foi proposta por Kirchhoff em 1850, que definia o solo por meio de uma superfície média para representar a placa tridimensional (KIRCHHOFF, 1850). Posteriormente, Love (1888) elaborou a teoria de placas de Kirchhoff-Love.

Outra abordagem, proposta por Boussinesq (1885), considerava o solo como elástico-homogêneo de uma única camada sob uma carga concentrada. No entanto, esses modelos mostraram-se inadequados para representar o comportamento real do solo, visto que os pavimentos são estruturas multicamadas. Westergaard (1927) desenvolveu uma metodologia para

calcular tensões e deformações em um modelo de placa de concreto de comprimento infinito.

Diante da complexidade do comportamento do solo em pavimentos multicamadas, surgiram nos anos de 1945 e 1958 modelos de múltiplas camadas, que assumiam um comportamento isotrópico e linear-elástico (BURMISTER, 1945; FOSTER; AHLVIN, 1958). No entanto, essas suposições não se aplicam adequadamente a todas as categorias de solos, dado que alguns materiais apresentam comportamento viscoelástico e suas respostas variam conforme as tensões a que estão submetidos.

Desse modo, é necessário analisar a influência das características dos pavimentos na deformação de suas estruturas. Essas propriedades refletem a resposta do pavimento às variações nas propriedades do solo, como espessura das camadas, módulo de elasticidade, densidade e resistência do solo e do revestimento. Compreender essas propriedades é importante no contexto aeroportuário para evitar falhas prematuras e garantir a segurança das operações de pouso e decolagem. Além disso, a sua investigação pode contribuir para o desenvolvimento de modelos mais precisos no dimensionamento de pavimentos aeroportuários, permitindo melhor avaliação das condições de projeto e auxiliando na tomada de decisões mais assertivas.

Para a análise dos pavimentos aeroportuários, os modelos numéricos, assim como o método dos elementos finitos e o método dos elementos de contorno, são alternativas aos modelos empíricos, incorporando as propriedades dos materiais (SINGH; SAHOO, 2021). No que lhe concerne, os modelos de elementos finitos são versáteis, possibilitando análises de materiais lineares-elásticos e elasto-plásticos bem como análises dinâmicas (LI; REED, 1995).

O dimensionamento adequado dos pavimentos aeroportuários é essencial para garantir a segurança e a eficiência das operações de pouso e decolagem, considerando as propriedades dos materiais das camadas, as cargas aplicadas e as condições ambientais; indicando variação das propriedades mecânicas em resposta às alterações físicas de cada material adotado. O modelo de dimensionamento baseado no *California Bearing Ratio* (CBR) tende a superestimar a espessura do pavimento e não é equitativo para danos causados por aeronaves de diferentes pesos (FABRE; VAURS, 2019).

Além do CBR, o Módulo de resiliência (MR) continua a ter destaque no dimensionamento dos pavimentos (SINGH; SAHOO, 2021). Ambos os métodos, no entanto, são suscetíveis a mudanças de pressão confinante, tensões desviatórias, variações de mistura asfáltica e outros fatores (PUPPALA *et al.*, 2009), como número de eixos, pressão dos pneus e temperatura, que afetam não só a durabilidade, mas também desempenho do pavimento. Nesse contexto,

as propriedades desempenham papel fundamental na análise da tensão e deformação de um pavimento.

Os resultados da análise das propriedades têm implicações diretas no dimensionamento do pavimento. Com base nessas descobertas, poder-se-ia avaliar e aprimorar os modelos de dimensionamento existentes para refletir, com mais precisão, a respeito das influências dos diferentes fatores considerados na análise. Um exemplo disso é a constatação segundo a qual o aumento da espessura de revestimento é menos efetivo para pavimentos mais espessos (XIE; WANG, 2022). Outro exemplo é que o aumento no teor de ligante em 3% pode diminuir o dano à fadiga de 50% a 70% (MIRZAHOSSEINI *et al.*, 2022). Contudo, o aumento de ligante também pode afetar no afundamento do pavimento sob carga.

Os modelos de dimensionamento atuais, baseados em CBR e MR, estimam a espessura das camadas do pavimento para garantir sua capacidade de suportar as cargas aplicadas. Entretanto, é importante questionar se esses modelos estão incorporando de maneira adequada os efeitos dos fatores influentes identificados na análise de propriedades. Uma das formas de medir a importância relativa das propriedades de um pavimento é por meio da análise de sensibilidade univariada, na qual isola-se uma das variáveis e analisa-se o seu impacto na resposta do modelo. À medida que a infraestrutura aeroportuária busca maior eficiência e sustentabilidade, o conhecimento do impacto das propriedades do pavimento é capital do conhecimento para uma melhor relação custo-benefício de construção e manutenção dos aeródromos. Identificar os parâmetros mais sensíveis e otimizar suas configurações pode resultar na viabilidade econômica dos projetos. Isso está alinhado com a crescente demanda por infraestruturas aeroportuárias mais eficientes e sustentáveis.

1.2 Problema de pesquisa

A capacidade de um pavimento aeroportuário de suportar cargas de aeronaves, oferecer uma superfície adequada e manter sua integridade estrutural durante sua vida útil é essencial para garantir a segurança operacional. No entanto, a compreensão mais completa e a consideração dos fatores que afetam o comportamento desses pavimentos ainda representam um desafio aos pesquisadores e projetistas.

A complexidade do projeto e da análise estrutural de pavimentos aeroportuários é evidente devido à multiplicidade de fatores envolvidos. Esses incluem a espessura das camadas, os módulos de elasticidade dos materiais e a distribuição das cargas provenientes das aeronaves,

por meio do tipo de eixo das aeronaves. Nesse contexto, o estudo do impacto dessas propriedades do pavimento aeroportuário propiciará a compreensão de como variações em parâmetros específicos, como o módulo de elasticidade e coeficiente de *poisson* podem afetar o desempenho dos pavimentos com um todo. Alguns desses parâmetros podem ter impactos maiores, enquanto outros podem ter efeitos mais sutis. Compreender essas diferenças é essencial para otimizar o projeto dos pavimentos aeroportuários, visando a sua durabilidade e eficiência da segurança operacional.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta Dissertação é analisar a necessidade de priorização de propriedades no projeto de pavimentos aeroportuários.

Como objetivos específicos podem ser listados:

- (a) Formular um procedimento para calibrar um modelo de elementos finitos tridimensionais para um pavimento aeroportuário;
- (b) Analisar se a variação das propriedades elásticas do pavimento impacta na deformação no topo do subleito de forma distinta;
- (c) Elencar as propriedades que exercem maior impacto nas respostas dos pavimentos aeroportuários.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta Dissertação será dividida em cinco capítulos. Além deste capítulo introdutório, o Capítulo 2 descreve a revisão bibliográfica para discutir os conceitos e as metodologias relevantes ao desenvolvimento da pesquisa. No Capítulo 3 estão descritos o método e os procedimentos adotados para a coleta e o processamento dos dados. Além disso, são apresentadas as fontes de dados utilizadas, os critérios de seleção das informações relevantes e as técnicas de análise empregadas. O Capítulo 4 é dividido três seções em que constam as análises dos resultados da pesquisa. Na primeira seção, serão apresentados os resultados das etapas de calibração do pavimento, e discutidos o comprimento e a espessura do subleito adotado, bem como o tamanho dos elementos da malha de elementos finitos. Na segunda seção, será abordada a investigação e a otimização das propriedades do pavimento por meio do uso de elementos finitos. Por fim, na terceira seção, constará a análise estatística comparativa entre as propriedades analisadas. Por

último, o Capítulo 5 apresenta as principais conclusões e contribuições do estudo, bem como suas limitações e recomendações para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o crescimento da aviação civil, a construção e a manutenção de pavimentos aeroportuários se tornaram áreas de grande importância e interesse. O projeto e a construção dessas estruturas devem considerar uma série de fatores, como as diversas cargas e as condições a que serão submetidas; as variações de temperatura e umidade, além da resistência e deformação das camadas do pavimento. Em conjunto, tais fatores formam os parâmetros do modelo de pavimento. Nesse contexto, a utilização de modelos numéricos, como o método dos elementos finitos, torna-se uma ferramenta fundamental na análise do comportamento estrutural e na previsão do desempenho dos pavimentos aeroportuários.

A fundamentação teórica desta Dissertação abordará os principais conceitos e fundamentos relacionados aos pavimentos aeroportuários e à modelagem numérica com elementos finitos. Serão discutidos tópicos como:

- (a) Características e propriedades dos pavimentos aeroportuários: serão apresentadas as seções típicas de um pavimento aeroportuário, como a seção do subleito, as camadas intermediárias (granulares ou cimentícias) e as camadas de revestimento. Serão discutidas as propriedades mecânicas e comportamentais dessas camadas, como a deformação e a fadiga;
- (b) Parâmetros pavimento: serão apresentados as propriedades do modelo, nomeadamente parâmetros do pavimento e que indicam a resposta do pavimento a variações em determinadas propriedades do solo, como espessura das camadas, módulo de elasticidade e coeficiente de *Poisson*. Será discutida a importância dessas propriedades na avaliação do desempenho e na tomada de decisões relacionadas ao dimensionamento e à manutenção dos pavimentos aeroportuários;
- (c) Modelagem numérica com elementos finitos e infinitos: serão apresentados os métodos dos elementos finitos e infinitos como uma ferramenta para a modelagem e a análise de estruturas complexas, incluindo pavimentos aeroportuários. Serão discutidos os princípios básicos do método, os tipos de elementos utilizados na modelagem dos pavimentos e os aspectos relacionados à aplicação de cargas e à análise do comportamento estrutural.

Por meio dessa fundamentação teórica, busca-se estabelecer uma base sólida de conhecimento para a compreensão dos conceitos e métodos utilizados, por intermédio dos quais se analisa a influência dos parâmetros de pavimento na deformação dos pavimentos aeroportuários. Isso permitirá realizar uma análise consistente e precisa, contribuindo para o

desenvolvimento de métodos mais eficientes de dimensionamento, manutenção e reparo dessas estruturas.

2.1 Histórico da análise de esforços nos pavimentos

A análise de esforços em pavimentos possui uma história de desenvolvimento que remonta ao século XIX. A primeira metodologia desenvolvida, proposta por Kirchhoff em 1850, definiu o solo como uma superfície média bidimensional capaz de representar a tridimensionalidade do pavimento (KIRCHHOFF, 1850). Juntamente com Love, em 1888, eles elaboraram a teoria de placas de Kirchhoff-Love (LOVE, 1888), que calculava a tensão e a deformação em uma superfície média de solo. Essa teoria adotava uma abordagem com uma placa homogênea, isotrópica e com deformações de cisalhamento desprezíveis.

Paralelamente, Boussinesq, em 1885, considerou o comportamento elástico homogêneo de uma única camada sob uma carga concentrada (BOUSSINESQ, 1885). Durante muitos anos, essas metodologias dominaram o cálculo de esforços no solo. No entanto, essas teorias eram inadequadas para representar o comportamento de solos multicamadas, o que levou ao desenvolvimento de modelos subsequentes, como o modelo de análise elástica.

Em 1927, Westergaard analisou o caso de uma placa de concreto infinitamente longa. Ele obteve soluções para deflexões, momentos e tensões em várias situações e apresentou os resultados em tabelas e diagramas. Além disso, ele discutiu a influência do coeficiente de *Poisson* e a combinação das tensões de temperatura com as tensões de carga, estimando o efeito da curvatura sobre a ruptura do canto (WESTERGAARD, 1927). Pesquisas posteriores adicionaram critérios de falha, como a deformação no topo do subleito (KERKHOVEN; DORMON, 1954) e o limite de deformação na camada inferior do pavimento para mitigar a fissuração por fadiga (CLAESSEN *et al.*, 1977).

O desempenho da estrutura do pavimento está intimamente ligado à resistência e à estabilidade do subleito. Nos anos 1990, parâmetros como o *California Bearing Ratio* (CBR) e o Módulo de resiliência (MR) começaram a ser mais recorrentes, embora não fossem completamente satisfatórios (BROWN, 1996). Quando a análise é feita por esses dois índices, o número de cargas não é levado em consideração. Mesmo que a carga aplicada na estrutura seja menor que a carga de ruptura, a repetição da aplicação desta última pode resultar em deformação permanente no pavimento, podendo rompe-lo.

Apesar das limitações do CBR e Módulo de Elasticidade (ME) a versão 2.0 do

Faarfield, por exemplo, ainda contempla o uso do CBR para o cálculo de pavimentos. Quando este é informado, o ME é dado em MPa por $10.34 \times CBR$ (ou $1500 \times CBR$ em Psi) (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2020).

Observou-se também que o comportamento dos pavimentos não poderia ser adequadamente representado por uma análise elástica. No século XXI, as pesquisas identificaram que fatores como a temperatura, eram capazes de influenciar o comportamento do pavimento, que se assemelhava mais a um critério viscoelástico e não linear por natureza (SINGH; SAHOO, 2021). Apesar disso, os elementos finitos elásticos conseguem representar as condições de pavimento com uma boa precisão ao serem comparados com as condições de campo (GHUZLAN *et al.*, 2023) e (LIU *et al.*, 2022).

Variáveis como tipo de material, mistura asfáltica e distribuição granulométrica dos materiais são fatores-chave que afetam a resistência à deformação permanente. Parte dessas variáveis pode ser obtida por meio de ensaios triaxiais, por exemplo, a tensão desviatória, que consiste em uma medida da diferença entre as tensões principais em um ponto de um corpo submetido a um estado de tensão. No ensaio triaxial, a tensão desviatória é gerada pela aplicação de uma pressão confinante uniforme em torno de uma amostra e a aplicação de uma carga axial. No entanto, em condições de campo, essas tensões podem ser diferentes, acarretando possíveis diferenças nos resultados do ensaio triaxial em comparação com as condições de campo (SINGH; SAHOO, 2021).

Além dos modelos empíricos, modelos numéricos baseados em elementos finitos também foram desenvolvidos para caracterizar o comportamento da deformação nos pavimentos. O principal objetivo das pesquisas, nessa área, é o desenvolvimento de modelos de previsão de deformação superficial e no topo do subleito.

Mesmo cargas mais baixas do que a carga de ruptura podem levar o pavimento a falha como consequência da repetição de sua aplicação resultando em uma mudança estrutural permanente e localizada decorrente da aplicação de um número de ciclos (American Society for Testing and Materials, 1974). Além disso, cabe salientar que esse dano não tem um comportamento linear e pode ser proveniente tanto de ações mecânicas quanto de ações térmicas (BERNUCCI *et al.*, 2022).

Além disso, a deformação permanente no revestimento também pode aumentar o dano no subleito (DORMON; METCALF, 1965) o que indiretamente levar o pavimento a ruptura, o fenômeno de afundamento de trilha de roda é definido como o afundamento no revestimento

dada a aplicação de carga em uma região mais frequente do pavimento. pode levar a perda de capacidade funcional do pavimento, podendo interferir no conforto e na segurança do tráfego (BERNUCCI *et al.*, 2022). Ling *et al.* (2021), por exemplo, verificou que os elementos finitos encontrados em artigos conseguiam representar o afundamento de trilha de roda no pavimento.

2.2 Método dos elementos finitos (MEF)

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é uma técnica matemática que resolve problemas complexos de engenharia e ciências aplicadas. Sua origem remonta aos anos 1920, com trabalhos que desenvolveram uma técnica para resolver, de forma aproximada, problemas de Equação Diferencial Parcial (EDP). Os modelos de elementos finitos mostraram-se uma ferramenta versátil para a modelagem e o estudo de cargas em estruturas contínuas, permitindo a análise de materiais lineares-elásticos, elasto-plásticos e a resolução de problemas quasi-estáticos e dinâmicos (LI; REED, 1995).

A malha de elementos finitos é um conjunto de elementos de tamanho finito nos quais são calculados os esforços no pavimento. Imaginava-se que quanto maior o número de elementos mais consistente seria a análise, uma vez que cada parte da estrutura seria representada com mais detalhes. Entretanto, em alguns estudos percebeu-se que o aumento do número de elementos da malha, processo chamado de refinamento, nem sempre melhora as aproximações e pode até piorá-las (KNUPP, 2000). Nesta Dissertação, a análise será realizada consoante o método dos elementos finitos. Em particular, o modelo elástico, objetivando verificar os efeitos da variação das propriedades do pavimento na obtenção dos seus valores críticos de deformação.

Na década de 1950, o método dos elementos finitos foi concebido para resolver problemas estruturais, utilizando funções de interpolação polinomial de modo a aproximar a solução de EDP (ARGYRIS; SCHARPF, 1969). A partir da década de 1960, o método se popularizou e passou a ser adotado em diversas áreas da engenharia como nos problemas de transferência de calor (WILSON; NICKELL, 1966); mecânica dos sólidos (PIAN; TONG, 1969) e dinâmica dos fluidos (ODEN; SOMOGYI, 1969). Em 1970, foi desenvolvido um algoritmo para resolver problemas estruturais via elementos finitos com formato triangular (FELIPPA; CLOUGH, 1970). Novos tipos de elementos finitos foram elaborados em face dos diferentes tipos de problemas, como elementos de casca (CANTIN; CLOUGH, 1968); elementos de viga (HUGHES; LIU, 1981); elementos de placa (ZHOU *et al.*, 1995) e elementos de fluido (ODEN; SOMOGYI, 1969).

Com o avanço dos computadores nas décadas de 1960 e 1970, o MEF se tornou uma ferramenta ainda mais poderosa, permitindo a resolução de problemas ainda mais complexos. Desde então, tem sido amplamente utilizado em várias áreas da engenharia e ciências aplicadas, tornando-se uma das principais técnicas numéricas para a modelagem e a simulação de problemas. Comparando com ensaios de campo, os Elemento Finito (EF) se mostraram eficientes no cálculo de danos em pavimentos (KHAN *et al.*, 2022)

No MEF, as camadas do pavimento são consideradas como um contínuo sólido. O domínio contínuo do problema é dividido em subdomínios, que são discretizados em uma série de elementos finitos de tamanho finito. A montagem desses elementos, interconectados por nós em seus limites comuns, representa o problema em análise. Essa análise fornece uma solução aproximada para uma estrutura de engenharia complexa, considerando diferentes tipos de condições de contorno e cargas, utilizando formulações de rigidez ou energia (CHO *et al.*, 1996). Na derivação da matriz de rigidez dos elementos, são considerados três fatores: a geometria dos elementos, os graus de liberdade permitidos para os nós se deslocarem e as propriedades dos materiais. Essa solução produz deslocamentos nos nós e tensões e deformações nos pontos de integração dos elementos.

Importa garantir que pequenas alterações nos dados de entrada não causem grandes desvios nos resultados obtidos. Para isso, é necessário adotar uma abordagem cuidadosa e criteriosa nos algoritmos numéricos ao lidar com equações diferenciais parciais. A estabilidade e a fidelidade dos algoritmos em relação às propriedades dos operadores, que estão sendo aproximados, são fundamentais para obter aproximações mais precisas e confiáveis dessas equações complexas (MOURA; KUBRUSLY, 2013).

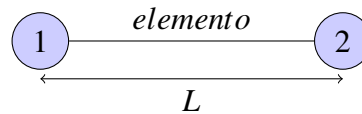
Uma das principais vantagens dos métodos numéricos, incluindo o MEF, é a capacidade de incorporar as leis de constituição dos materiais nos cálculos (SINGH; SAHOO, 2021). Além disso, o MEF possibilita a representação de situações complexas de campo que seriam simplificadas demais com soluções diretas. No entanto, a abordagem baseada no MEF assume uma continuidade do meio analisado, o que é válido somente antes do surgimento de fissuras no pavimento. O aparecimento de fissuras está associado à formação de descontinuidades no pavimento, o que limita a aplicabilidade direta do MEF nesses casos, sendo necessário aplicar modelos de *remesh* ou modelos alternativos para representar as descontinuidades (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2007).

2.2.1 Estrutura do modelo

Existem quatro tipos principais de modelos de cálculo de elementos finitos: 1D, 2D, 3D e axi-simétrico. Cada modelo possui características específicas sendo adequado para resolver problemas particulares, dependendo da geometria e da simetria da estrutura.

O modelo de elemento finito 1D Figura 1 é utilizado para representar sistemas unidimensionais e simetrias em uma dimensão. Também conhecido como modelo de barra (KHENNANE, 2013), é usado na análise de estruturas lineares unidimensionais, como vigas, pilares, barras, cabos, dentre outros. Nesse modelo, a estrutura é representada como uma linha unidimensional, e cada elemento é discretizado em um número finito de pontos chamados de nós. Os modelos unidimensionais, embora sejam computacionalmente mais simples, podem não representar, adequadamente, algumas situações devido à não consideração das outras duas dimensões.

Figura 1 – Elemento finito 1D

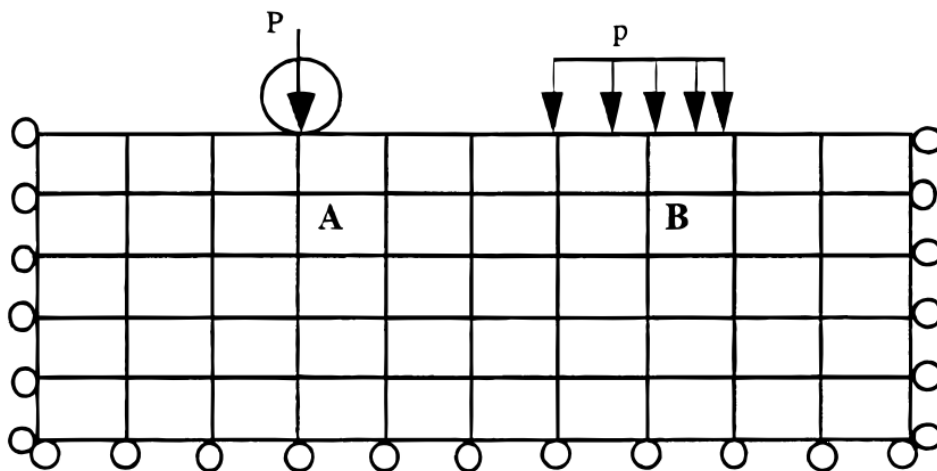


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

O modelo de elementos finitos 2D é utilizado para representar problemas que possuem simetria em duas dimensões, como estruturas planas, placas e lajes. Os elementos finitos mais comuns utilizados nesse modelo são o elemento triangular e o elemento quadrilátero (KHENNANE, 2013). Esse modelo permite analisar o comportamento da estrutura em termos de tensões, deformações e deslocamentos, mas não leva em conta a terceira dimensão (Figura 2), apresentando, entretanto, uma menor exigência de memória e de tempo quando comparado ao modelo 3D. Portanto, pode não ser representativo para a deformação do pavimento sob a carga (LYTTON *et al.*, 1993).

O próprio modelo 2D é uma representação de simetria em torno da terceira dimensão, mas mesmo preservando o número de dimensões no problema, as condições de simetria podem resultar em resultados diferentes comparando o modelo simétrico e o não simétrico, a exemplo de 4,8% de diferença encontrada por Liu *et al.* (2007). Entretanto, o tempo computacional requisitado cresce bastante ao acrescentar dimensões no modelo. Por exemplo, do modelo 1D para o 2D, há um aumento de 80 vezes no tempo. Por sua vez, do modelo 2D para o 3D há um acréscimo de 50 vezes no tempo (TAO *et al.*, 2022).

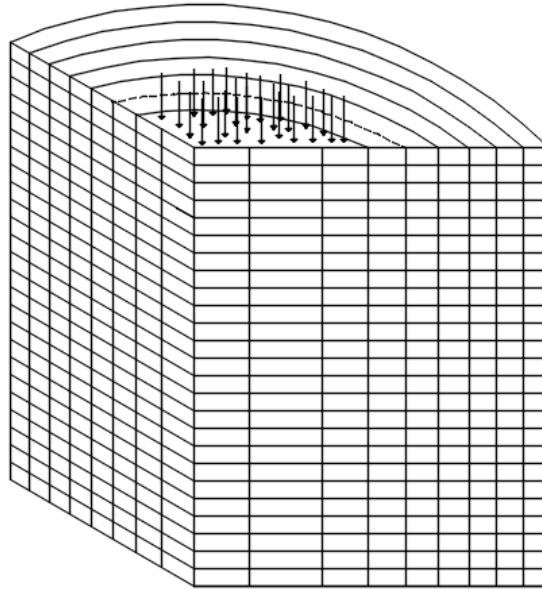
Figura 2 – Representação do modelo de pavimento representado por elementos finitos 2D



Fonte: Cho *et al.* (1996).

O modelo axi-simétrico (Figura 3) é empregado em problemas que possuem simetria de revolução, como tubulações, tanques e vasos de pressão, reduzindo significativamente o uso de recursos computacionais, se comparados com o modelo 3D, com resultados próximos a esse (ABDULLAH; PAK, 2008). Nesse modelo, a análise é feita em torno de um eixo de simetria, o qual possibilita simular de maneira mais eficiente a estrutura com coordenadas cilíndricas representativas de tridimensionalidade. Entretanto, o mapa de cargas pode ser apenas modelado como círculo, o que representa uma grande limitação ao representar eixos de rodas duplas ou triplas (LADOS; APELIAN, 2006). Os elementos finitos mais comuns utilizados no modelo axi-simétrico são o elemento de anel e o elemento de casca.

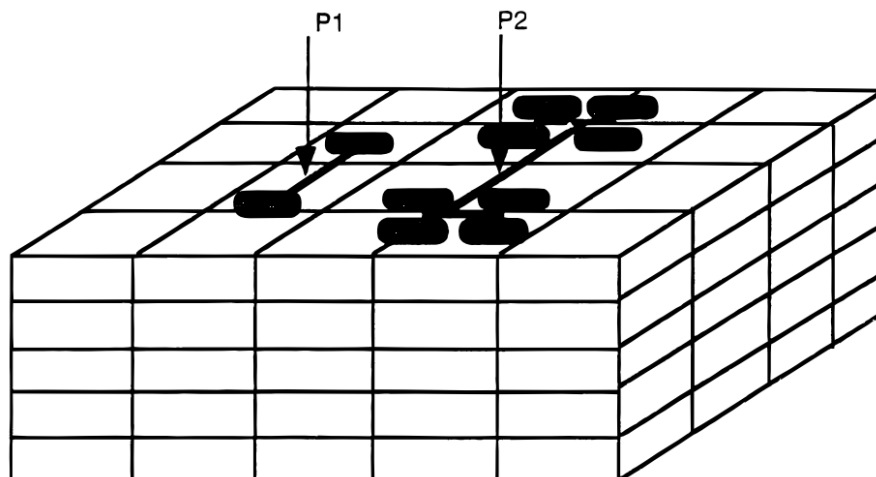
Figura 3 – Representação do modelo de pavimento representado por axi-simetria



Fonte: Adaptada de Myers *et al.* (2001).

O modelo 3D é utilizado para representar problemas que possuem simetria em três dimensões, como edifícios, pontes e torres (KHENNANE, 2013). Os elementos finitos mais comuns utilizados nesse modelo são o tetraedro, o hexaedro e o prisma. Esse modelo permite a análise do comportamento da estrutura em termos de tensões, deformações e deslocamentos em três dimensões, o que resulta em uma solução mais precisa, incluindo ponto de inserção das cargas e pontos de atuação de pressão (LADOS; APELIAN, 2006) (Figura 4). Contudo, é o mais complexo entre os outros modelos de elementos finitos e requer maior capacidade computacional.

Figura 4 – Representação de modelo de pavimento representados por elementos finitos 3D



Fonte: Cho *et al.* (1996).

Embora o modelo 2D busque simular o problema 3D, pode haver diferenças entre os valores obtidos de três a quatro vezes o valor real (USTAOĞLU, 2015). No quesito tempo, os modelos 3D reportadamente podem ser de 2.6 a 3.5 vezes mais demorados na execução (MO *et al.*, 2008), Outros artigos obtiveram diferenças ainda maiores no quesito temporal, ou um erro 10% maior no modelo 2D se comparado ao 3D quando comparado a condição de referência (BENHAMA *et al.*, 1999), outro exemplo é um modelo que levou 74 vezes mais tempo para executar o modelo 3D em relação ao modelo 2D com uma diferença de 17% entre o resultado obtido (DONG *et al.*, 2014).

Algumas estratégias são usadas para diminuir o tempo de processamento do modelo 3D, reduzindo não só o número de elementos analisados, como também o domínio do modelo, a saber: diminuir a quantidade de elementos da malha; usar condições de simetria ou associar a técnica de elementos finitos a outras técnicas como a de elementos infinitos.

Além dos modelos de elementos finitos 2D, 3D e axi-simétrico (Figura 3), existem outros deles derivados, como o modelo de elementos finitos de placa (ZHOU *et al.*, 1995), de casca (CANTIN; CLOUGH, 1968), de viga (HUGHES; LIU, 1981) e de sólido (KHENNANE, 2013). Cada um é projetado para lidar com diferentes tipos de problemas e pode ser utilizado na análise de estruturas com diferentes geometrias e características.

O modelo de placa é utilizado na análise de estruturas planas com espessura relativamente pequena em comparação com as outras dimensões (ZHOU *et al.*, 1995). Por sua vez, o modelo de casca é usado na análise de estruturas finas que não possuem simetria de revolução (CANTIN; CLOUGH, 1968). O modelo de viga é aplicado à análise de estruturas que possuem uma dimensão muito maior que as outras (HUGHES; LIU, 1981).

Por fim, o modelo de elementos finitos acoplados é utilizado para analisar problemas acoplados, como acoplamento térmico, acoplamento elétrico e acoplamento fluido-estrutura. Esse modelo pode ser empregado na análise de problemas mediante diferentes tipos de fenômenos físicos envolvidos.

Ao reproduzir os pavimentos, são consideradas características dos materiais constituintes do sistema, como temperatura, espessura da camada, MR e carga atuante. Essas propriedades, inseridas no pavimento, têm potencial para alterar as medidas de tensão e deformação do sistema.

2.2.2 Definição da malha de elementos finitos

Uma malha de elementos finitos corresponde a uma discretização do domínio de interesse em uma coleção de elementos geométricos simples, como triângulos ou quadriláteros em duas dimensões, e tetraedros ou hexaedros em três dimensões. Esses elementos são conectados em nós ou pontos de interseção, formando uma representação discreta do domínio contínuo (KIM *et al.*, 2018). Existem várias considerações importantes na geração de malhas de elementos finitos. A qualidade da malha é um fator importante, influenciando diretamente a precisão e a convergência das soluções numéricas. Uma malha de alta qualidade deve ter elementos bem formados, com formas regulares e aspectos adequados, evitando distorções excessivas e refinamentos desnecessários.

Além disso, a densidade da malha, ou seja, o número de elementos por unidade de área ou volume, desempenha um papel fundamental na precisão e eficiência da análise. Uma malha fina com alta densidade pode fornecer resultados mais precisos, mas também pode aumentar significativamente o tempo de cálculo (MORE; BINDU, 2015). Portanto, é necessário encontrar um equilíbrio entre a resolução desejada e os recursos computacionais disponíveis. A geração da malha pode ser realizada manualmente ou por meio de algoritmos automatizados. Existem softwares especializados que auxiliam na geração de malhas, permitindo a definição de parâmetros de discretização, refinamento adaptativo e suavização da malha. Como por exemplo o módulo de *remesh* do ABAQUS 2020 (SHI *et al.*, 2010). Além disso, a qualidade da malha e a precisão dos resultados dependem não apenas da sua geometria, mas também das propriedades do material e das condições de contorno aplicadas. É fundamental considerar esses aspectos durante a criação da malha e ao definir os modelos matemáticos e as propriedades dos materiais a serem utilizados na análise. Apesar das limitações dos elementos finitos, quanto às discontinuidades do pavimento, algumas metodologias de malha bem refinada e condições de contorno são suficientes para apresentar uma boa precisão do problema (MILLEN *et al.*, 2021).

Em um estudo, foi investigado o processo de refinamento da malha de maneira interativa, em que uma malha 20 vezes maior resultou em uma variação de apenas 5% na análise, ao custo de 31 vezes mais tempo (MORE; BINDU, 2015). Em outro estudo, Dutt experimentou uma variação de 2.36% no valor da deformação com um tamanho de elemento finito 3 vezes maior (DUTT, 2015). Em outro exemplo, foi concluído que a quantidade de elementos finitos não altera os resultados obtidos para análise dinâmica (ALZABEEBEE, 2023). Portanto, será necessário conduzir um processo iterativo para verificar como as deformações dos pavimentos

variam com o aumento do número de elementos finitos calculados para o problema analisado.

2.3 Método dos elementos infinitos (MEI)

Os elementos infinitos constituem uma técnica de análise numérica que viabiliza a modelagem de domínios ilimitados ou semi-ilimitados com um número finito de elementos. Essa abordagem se fundamenta na solução analítica de equações diferenciais parciais em coordenadas transformadas, incorporando as condições de contorno no infinito (BETTESS, 1977). Foi criada uma função de forma para os elementos infinitos multiplicando os polinomiais de Lagrange e aplicando decaimento exponencial na direção infinita (BETTESS, 1977), conforme Equação 1.

$$N_i(\varepsilon) = f(\varepsilon) \times \bar{N}(\varepsilon) \quad (1)$$

Sendo que:

- (a) $f(\varepsilon)$: é a função de decaimento exponencial
- (b) $\bar{N}(\varepsilon)$: é a função de forma padrão do nó

Para a análise do Método dos Elementos infinitos (MEI), são necessários dois requisitos fundamentais: que a função de forma do problema seja real e integrável em todo o domínio dos elementos (BETTESS, 1977). Os elementos infinitos podem ser acoplados a elementos finitos convencionais para formar uma malha híbrida, representando tanto o domínio de interesse quanto o domínio externo (BETTESS, 1977). A classificação dos elementos infinitos varia conforme a forma da região infinita, a transformação de coordenadas utilizada e o grau de aproximação polinomial.

Embora problemas físicos com domínio infinito não existam, em alguns modelos de problemas com domínios muito extensos, é vantajoso presumir um domínio infinito para sua abordagem. Isso se dá, especialmente porque o custo computacional de simular menos elementos finitos e extrapolar os esforços para o infinito é inferior ao custo de simular mais elementos finitos (HJELMSTAD *et al.*, 1997a). Como complemento, a *Federal Aviation Administration* (FAA) emprega elementos finitos no subleito por meio do software NIKE3D, e embora sejam altamente concordantes, o tamanho dos elementos infinitos pode influenciar nos valores obtidos de deformação (WANG; BRILL, 2013).

O subleito de um pavimento não é especificado no projeto e pode ser considerado como uma camada infinita (CRANE; PARSONS, 2000). Contudo, em uma análise de domínio finito, é considerado com uma espessura definida de acordo com a análise do projetista.

Quando acoplados à análise, os elementos infinitos proporcionam maior eficiência computacional, reduzindo em até 30% o tempo de processamento (HJELMSTAD *et al.*, 1997b). Além disso, eliminam os efeitos das condições de contorno em que são aplicados, dissipando as tensões no domínio finito. Isso resulta em uma previsão mais precisa da deformação permanente no pavimento, sendo especialmente relevante em cargas elevadas, como as aplicadas por aeronaves (SHEN; KIRKNER, 2001).

2.4 Método de representação dos esforços dos pavimentos

Na análise dos pavimentos aeroportuários, é necessário considerar os dois tipos de carga de aeronave, a carga estática e a carga dinâmica. A carga estática é a força exercida por uma aeronave parada ou em movimento lento sobre o pavimento aeroportuário (LEDBETTER, 1978), como por exemplo na situação de estacionamento ou nas manobras de taxiamento, podendo resultar em deformações, fissuras, afundamentos ou outros danos na estrutura do pavimento, o que compromete a segurança e o desempenho das operações aéreas (BESKOU; THEODORAKOPOULOS, 2011).

A análise de esforços dinâmicos concentra-se na avaliação da fadiga do pavimento, ou seja, na sua habilidade de resistir às tensões geradas pelas cargas repetitivas das rodas em movimento (BESKOU; THEODORAKOPOULOS, 2011). Essa análise é mais complexa do que a análise estática, uma vez que exige a consideração dos efeitos dinâmicos, os quais podem ser computacionalmente intensivos, tornando-a menos prática para aplicações rotineiras (LEE *et al.*, 1998). Apesar disso, é fundamental em muitas situações, pois permite compreender o comportamento das estruturas sujeitas a cargas variáveis ao longo do tempo. Para realizar tal análise, é necessário considerar a interação entre as cargas móveis, como veículos ou aeronaves, e o pavimento. Essa interação pode ser modelada usando métodos computacionais, como o Método dos Elementos Finitos (MEF) (MOTA, 2017).

2.5 Propriedades de pavimento

A priorização das propriedades do pavimento é importante para problemas de engenharia que envolvem a análise e escolha de muitas variáveis. A análise de sensibilidade é a avaliação da variabilidade de resultados de acordo com seus parâmetros de entrada (SCHWARTZ *et al.*, 2013), uma vez que encontrados os parâmetros de entrada mais significativos para o

modelo, pode-se priorizar durante a fase de projeto e controle os que trarão maior segurança e economia ao pavimento.

As propriedades do pavimento mais significativas em um modelo se referem à identificação sobre quais parâmetros são mais influentes na resposta do sistema, nos cálculos de tensões, deformações, no aparecimento de fissuras e avaliação de ruptura do pavimento. Em outras palavras, esses índices calculados de sensibilidade medem a importância relativa de cada parâmetro para a resposta global do sistema (REZAEI-TARAHOMI *et al.*, 2017).

Para calcular a variação causada pelos parâmetros do pavimento, é necessário variá-lo na entrada do modelo e medir o efeito dessa variação na saída. Esses índices podem ser calculados para uma variedade de parâmetros de entrada, como dimensões, propriedades mecânicas, condições de contorno e cargas aplicadas. Alguns deles são:

- (a) Espessura das camadas de pavimento: a resistência do pavimento é influenciada pela capacidade da camada em distribuir a carga das rodas uniformemente por toda a espessura do pavimento. Quando a espessura de uma camada é reduzida, a carga é distribuída em uma área menor, aumentando a tensão na camada. Isso pode levar a deformações excessivas ou até mesmo a falhas no pavimento (YANG *et al.*, 2017). A alteração da espessura das camadas pode ser feita na etapa de projeto ou na reabilitação dos pavimentos, acrescentando uma maior quantidade de material sobre a camada existente;
- (b) Módulo de elasticidade do pavimento: o módulo de elasticidade é uma medida da rigidez do pavimento e influencia diretamente sua capacidade de suporte de carga e sua resistência à deformação. A variação do módulo de elasticidade pode ter um efeito significativo na distribuição de tensões e deformações apresentadas. Com o aumento do módulo de elasticidade da camada, menor tende a ser a deflexão apresentada (CAO *et al.*, 2011). A alteração do módulo de elasticidade pode ser feita com a substituição do material usado na camada na construção ou reabilitação de um revestimento. Além da substituição pode ser feito o enriquecimento do material com aglomerante ou agregado com módulo de elasticidade mais adequado;
- (c) Coeficiente de *Poisson*: é uma medida da deformação transversal que ocorre quando um material é submetido a uma tensão de tração ou compressão. No contexto do pavimento, a alteração do coeficiente de *Poisson* das camadas pode afetar a distribuição de tensões e deformações no pavimento, o que pode levar a uma redução da resistência e à ocorrência de deformações permanentes ou falhas (BUONSANTI *et al.*, 2012). Quando o coeficiente

de *Poisson* de uma camada é aumentado, a tendência é que haja uma maior rigidez lateral dessa camada, o que pode acarretar um aumento nas tensões de cisalhamento nas camadas subjacentes, especialmente se estas tiverem módulos de *Poisson* menores. Por outro lado, se o coeficiente de *Poisson* de uma camada é reduzido, a tendência é que haja uma maior deformação lateral dessa camada, resultando em uma redistribuição das tensões no pavimento, com uma maior carga sendo transmitida para as camadas subjacentes. Isso pode levar a um aumento das deformações permanentes nas camadas subjacentes e à eventual falha do pavimento. A alteração do coeficiente de *Poisson* pode ser feita por meio da compactação do material, geossintéticos, mistura de materiais ou adição de agentes químicos no pavimento;

- (d) Carga de tráfego: a carga das aeronaves é uma das principais causas de desgaste e falhas no pavimento aeroportuário. Cada aeronave possui uma carga diferente, transmitida para o pavimento por meio das rodas do trem de pouso. Essa carga é distribuída em diferentes áreas da superfície do pavimento, dependendo do tamanho, peso e distribuição das rodas, ela também é avaliada como pressão do pneu transmitida ao solo. Quando uma aeronave pousa ou decola, a carga é aplicada ao pavimento em um curto período, o que pode levar a altos picos de tensão no pavimento. Se esses picos de tensão excederem a capacidade de carga do pavimento, podem ocorrer trincas, fissuras e falhas na superfície. Além disso, as operações de taxiamento e de estacionamento da aeronave podem causar cargas de maior duração, mas menos variáveis (carga estática). Por fim, a frequência das aterrissagens e decolagens também podem afetar a resistência do pavimento. Uma aeronave mais pesada não necessariamente causará mais danos em um pavimento do que uma aeronave mais leve, dependendo da frequência dos pousos e das decolagens. A alteração da carga tráfego pode ser conduzida com a limitação (ou permissão) do pouso de aeronaves ou da especificação de peso máximo de decolagem.
- (e) Condições ambientais: as condições, como a temperatura e a umidade, podem ter um impacto significativo no comportamento do pavimento. A temperatura pode afetar a resistência do pavimento, uma vez que a maioria dos materiais tende a se expandir com o aumento e contrair com a diminuição da temperatura (ZHANG *et al.*, 2020), especialmente em camadas asfálticas em que a resposta do pavimento está diretamente condicionada a temperatura (QUAN *et al.*, 2022) o que também pode levar a rachaduras no pavimento devido à tensão gerada pela variação da temperatura. A umidade também pode ser um

fator crítico para o desempenho do pavimento. A água é capaz de reduzir a resistência do solo, especialmente quando presente em grandes quantidades. Em pavimentos flexíveis, o excesso de água pode levar ao amolecimento do subleito, resultando em deformações no pavimento. Além disso, a água pode enfraquecer a ligação entre as camadas do pavimento, aumentando a possibilidade de deslocamento e desgaste prematuro (ZHANG *et al.*, 2020). As análises viscoelásticas tendem a ser mais conservadoras em relação a resposta do pavimento e a fadiga e o ideal é avaliá-la junto à análise elástica (GKYRTIS *et al.*, 2022).

Embora não seja possível alterar todas as condições ambientais às quais o pavimento esteja exposto, pode-se buscar alternativas durante a concepção e a manutenção do pavimento, como, por exemplo com a escolha de materiais, criação de condições de drenagem, tratamentos químicos, aumento de espessuras ou do número de camadas, bem como a criação de juntas de dilatação no pavimento.

2.6 Revisão de materiais e espessuras de PPD

Parte da compreensão necessária para a realização deste estudo está em entender quais os materiais e quais as espessuras usadas na criação de pavimentos aeroportuários. A pesquisa abrangerá uma análise dos pavimentos disponibilizados para cálculo de pista de pouso e decolagem (PPD), artigos científicos, normas internacionais e *softwares*.

O ALIZE-LCPC é um *software* para análise e design de estruturas de pavimento e é usado para projetos de estradas, pavimentos aeroportuários, plataformas portuárias e logísticas, projetos de reabilitação e análise de deflexões e a partir da versão 151 dele foram coletados os dados das bibliotecas padrão de materiais para verificar os valores praticados (Tabela 1).

Os significados das siglas são:

- (a) eb-bba: *Enrobé Bitumineux - Béton Bitumineux Armé* (Concreto betuminoso armado)
- (b) eb-bbsg: *Enrobé Bitumineux - Bétons bitumineux semi-grenus* (Concreto betuminoso de graduação contínua)
- (c) eb-bbme: *Enrobé Bitumineux - Bétons bitumineux à module élevé* (Concreto betuminoso de módulo elevado)
- (d) bbm: *Bétons bitumineux minces* (Concreto betuminoso delgado)
- (e) bbtm: *Bétons bitumineux très minces* (Concreto betuminoso muito delgado)
- (f) bbdr: *Bétons bitumineux drainants* (Concreto betuminoso drenante)
- (g) acr: *Asphalte Coulé Routier* (Macadame betuminoso)

Tabela 1 – Lista de pavimentos Alize-LCPC

Nome do Material	Modulo de elasticidade (MPa)	Poisson
eb-bba1	5500	0.35
eb-bba2	5500	0.35
eb-bba3	7000	0.35
eb-bbsg1	5500	0.35
eb-bbsg2	7000	0.35
eb-bbsg3	7000	0.35
eb-bbme1	9000	0.35
eb-bbme2	11000	0.35
eb-bbme3	11000	0.35
bbm	5500	0.35
bbtm	3000	0.35
bbdr	3000	0.35
acr	5500	0.35
eb-gb2	9000	0.35
eb-gb3	9000	0.35
eb-gb4	11000	0.35
eb-eme1	14000	0.35
eb-eme2	14000	0.35

Fonte: Adaptado de IFSTTAR Ittech (2022).

(h) eb-gb: *Enrobé Bitumineux Grave Bitume* (Asfalto betuminoso com agregados)

(i) eb-eme: *Enrobé Bitumineux - Enrobé à Module Elevé* (Mistura asfáltica de módulo elevado)

A NF P98-086-2019 (*Dimensionnement structurel des chaussées routières Application aux chaussées neuves*) é uma norma francesa que define a metodologia para o dimensionamento estrutural de novas estruturas de pavimentos rodoviários. Foi publicada em maio de 2019 pela *Association Francaise de Normalisation*. Esta norma é aplicável na França e substitui a versão anterior de outubro de 2011. Ela contém 107 páginas e abrange vários aspectos do dimensionamento estrutural, incluindo a verificação mecânica e os dados necessários para a justificação das estruturas de novas estradas. Além disso, ela apresenta as características dos materiais de pavimentos para o dimensionamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Lista de pavimentos testados pela NF P98-086-2019

Número do Pav.	Material	Espessura (m)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Coefficiente de <i>Poisson</i>
1 - Flexível	BBM	0,04	5500	0,35
	GNT	0,15	600	0,35
	PF2	-	50	0,35
2 - Flexível	BBTM	0,04	3000	0,35
	BBSG 2	0,15	7000	0,35
	GB 3	0,26	9000	0,35
	PF2	-	50	0,35
3 - Flexível	BBTM	0,025	3000	0,35
	BBSG 2	0,06	7000	0,35
	GB 3	0,26	9000	0,35
	PF2	-	50	0,35
4 - Flexível	BBSG	0,06	7000	0,35
	GC-T3	0,3	23000	0,25
	PF3	-	120	0,35
5 - Flexível	BBTM	0,025	3000	0,35
	EME 2	0,23	14000	0,35
	PF3	-	120	0,35
5 - Semi-rígida	BBTM	0,025	3000	0,35
	BBSG 3	0,06	7000	0,35
	GC-T3	0,42	23000	0,25
	PF2	-	50	0,35
6 - Rígida	BC 5	0,23	35000	0,25
	BC 2	0,18	20000	0,25
	PF2	-	50	0,35
7 - Rígida	BC 6	0,2	40000	0,25
	GB3	0,13	9000	0,35
	PF2	-	80	0,35

Fonte: Adaptado de Normalisation-AFNOR (2019).

Sendo os significados das siglas:

- (a) GNT: *Granulats Non Traités* (Agregados não tratados)
- (b) PF: *Pierres Finies* (Cascalho fino)
- (c) GB: *Grave Bitume* (Agregado betuminoso)
- (d) GC-T: *Grave Compactée Tamisée* (agregados de cascalho compactados e peneirados)
- (e) EME: *Enrobés à Module Élevé* (Asfalto com módulo elevado)
- (f) BC: *Béton Compacté* (concreto compactado)

O FAARFIELD é um software padrão da FAA para o design de espessura de pavimento aeroportuário e avaliação. Ele implementa procedimentos de design baseados em camadas elásticas e baseados em elementos finitos tridimensionais desenvolvidos pela FAA para novos designs e sobreposições de pavimentos flexíveis e rígidos. Nesse trabalho será usada a versão 2.0.18 do programa e com a tabela de materiais, conforme Tabela 3.

Além disso o programa dá uma lista de pavimentos padrão que serão usados para referência de espessura de camadas de pavimento, de acordo com Tabela 4.

Tabela 3 – Lista de materiais usados pelo Faarfield 2.0.18

<i>Nome do Material</i>	ME (MPa)	<i>Poisson</i>
<i>P-401/P-403 Asphalt Surface</i>	1378,95	0,35
<i>P-401/P-403 Asphalt Surface</i>	1378,95	0,35
<i>Subgrade</i>	103,42	0,35
<i>Subgrade</i>	103,42	0,4
<i>P-501 PCC Surface</i>	27579,04	0,15
<i>P-209 Crushed Aggregate Base Course</i>	517,11	0,35
<i>Variable Stabilized Base (rigid)</i>	1723,69	0,2
<i>P-154 Subbase Course (uncrushed aggregate)</i>	275,79	0,35
<i>Variable Stabilized Base (flexible)</i>	1034,21	0,35
<i>P-401/P-403 Asphalt Overlay</i>	1378,95	0,35
<i>P-401 Stabilized Base (flexible)</i>	2757,9	0,35
<i>P-301 Soil Cement Base Course</i>	1723,69	0,2
<i>P-304 Cement Treated Base Course</i>	3447,38	0,2
<i>P-306 Econocrete Subbase Course</i>	4826,33	0,2
<i>P-208 Crushed Aggregate Base Course</i>	517,11	0,35
<i>P-219 Rubblized PCC</i>	517,11	0,35
<i>P-401 Stabilized Base (flexible)</i>	2757,9	0,35
<i>P-211 Lime Rock Base</i>	517,11	0,35

Fonte: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Alguns artigos também fazem menção às seções de pavimentos aeroportuários e alguns materiais empregados nos pavimentos reais, especificamente espessura, módulo de elasticidade e coeficiente de *Poisson* conforme definidos respectivamente nas tabelas Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 5 – Lista de espessuras de revestimento encontrados em artigos

Referência	Revestimento (cm)	Base (cm)	Subbase (cm)
(ABDESSEMED <i>et al.</i> , 2015)	10,2	30	30
(TAREFDER; AHMED, 2014)	5,08	40,64	-
(KANG <i>et al.</i> , 2023)	12,7	20,3	73,7
(WANG <i>et al.</i> , 2016)	22,86	35,56	35,56
(WANG <i>et al.</i> , 2016)	50,8	10,16	15,24
(DONOVAN <i>et al.</i> , 2016)	12,7	12,7	76,2
(DONOVAN <i>et al.</i> , 2016)	12,7	20,3	91,4
(DONOVAN <i>et al.</i> , 2016)	12,7	20,3	30,5
(DONOVAN <i>et al.</i> , 2016)	12,7	12,7	20,3
(FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2021)	7,5	7,5	-
(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)	12,7	12,7	76,2
(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)	12,7	20,3	91,4
(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)	12,7	20,3	30,5
(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)	12,7	12,7	20,3
(FLORIPA-AIRPORT, 2020)	30	40	-
(CONSÓRCIO VIAMT, 2017)	11	40	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 4 – Lista de pavimentos-padrão usado pelo Faarfield 2.0.18

Nome do pavimento	Nome da camada	Espessura (m)	ME (Mpa)	Poisson
<i>New Flexible</i>	<i>P-401/P-403 HMA Surface</i>	0,102	1.378,95	0,35
	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,127	27579	0,35
	<i>P-154 Uncrushed Aggregate</i>	0,254	517,11	0,35
	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4
<i>HMA on Aggregate</i>	<i>P-401/P-403 HMA Overlay</i>	0,102	1.378,95	0,35
	<i>P401/P403 HMA Surface</i>	0,102	1.378,95	0,35
	<i>Variable</i>	0,127	1.034,21	0,35
	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,152	517,11	0,35
<i>HMA on Flexible</i>	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4
	<i>P-401/P-403 HMA Overlay</i>	0,102	1.378,95	0,35
	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,152	517,11	0,35
	<i>P-154 Uncrushed Aggregate</i>	0,152	275,79	0,4
<i>HMA on Rigid (Adaptado)</i>	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4
	<i>P-401/P-403 HMA Overlay</i>	0,305	1.378,95	0,35
	<i>P-501 PCC Surface</i>	0,356	27.579,04	0,35
	<i>P-401/P-403 HMA Stabilized</i>	0,127	2.757,90	0,35
<i>PCC on Flexible</i>	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,152	517,11	0,35
	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4
	<i>P-501 PCC Overlay on Flexibie</i>	0,381	27.579,04	0,35
	<i>P-401/P-403 HMA Surface</i>	0,102	1.378,95	0,35
<i>Unbounded on Rigid (Adaptado)</i>	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,305	517,11	0,35
	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4
	<i>P-501 PCC Overlay</i>	0,305	27.579,04	0,35
	<i>P-501 PCC Surface</i>	0,356	27.579,04	0,35
<i>Variable</i>	<i>Variable</i>	0,127	1.723,69	0,35
	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	0,152	517,11	0,35
	<i>Subgrade</i>	-	103,42	0,4

Fonte: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Tabela 6 – Lista de Módulos de elasticidade encontrados em artigos

Referência	Revestimento (Mpa)	Base (Mpa)	Subbase (Mpa)	Subleito (Mpa)
(ABDESSEMED <i>et al.</i> , 2015)	5400	260	120	-
(TAREFDER; AHMED, 2014)	1378,95	206,84	-	-
(FLORIPA-AIRPORT, 2020)	1500	250	-	200
(CONSÓRCIO VIAMT, 2017)	1449.2	149.2	-	222.8

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 7 – Lista de coeficientes de *Poisson* encontrados em artigos

Referência	Revestimento	Base	Subbase	Subleito
(ABDESSEMED <i>et al.</i> , 2015)	0.35	0.38	0.48	0.4
(TAREFDER; AHMED, 2014)	0.35	0.4	-	-
(KANG <i>et al.</i> , 2023)	0.35	0.35	0.35	0.35
(FLORIPA-AIRPORT, 2020)	0.30	0.35	-	0.40

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Ainda sobre propriedades dos materiais alguns limites encontrados para o coeficiente de *Poisson* por exemplo, para uma camada de base foram avaliados areia com coeficiente de

Poisson variando de 0,18 até 0,48, variando de acordo com o grau de saturação (LIU *et al.*, 2007) e areia com caulim, variando de 0,01 até 0,18 (LIU *et al.*, 2007). O valor de 0,495 foi encontrado para o coeficiente de *Poisson* uma mistura asfáltica por Gajewski e Król (2022).

2.7 Mecanismos de fissuração

Os pavimentos podem apresentar fissuras devido a diversos fatores, como sobrecargas de tráfego, variações de temperatura, movimentação do solo e deficiências no projeto ou construção. Entre os diferentes tipos de fissuras, as do tipo *top-down* são comuns em pavimentos aeroportuários, as elevadas cargas das aeronaves implicam em camadas mais resistentes que tendem a sofrer fissuras do tipo *top-down* (MYERS; ROQUE, 2001). Existem vários modelos que tentam descrever esse fenômeno, embora não haja consenso sobre os parâmetros utilizados (LUO *et al.*, 2018).

- (a) Fissuras por fadiga: são causadas pela aplicação repetitiva de cargas, geralmente associadas ao tráfego. Esse tipo de fissuração ocorre devido ao acúmulo gradual de deformação na superfície do pavimento, resultando em tensões cíclicas que levam à formação de fissuras. Além das fissuras por fadiga relacionadas ao tráfego, as variações de temperatura também podem levar ao surgimento de rupturas por fadiga térmica (COLLOP; CEBON, 1995). A Figura 5 ilustra um exemplo de fissura por fadiga;
- (b) Fissuras de reflexão: ocorrem quando as fissuras de uma camada subjacente se propagam para a camada superior de revestimento. Essas fissuras são comuns em pavimentos rígidos construídos sobre bases de asfalto ou concreto existentes, bem como em pavimentos com base cimentada. Bastante comuns em áreas alagadas, em que a presença das fissuras de reflexão pode representar até 60% das causas de fissura (ILLÉS; NAGY, 2022). Uma outra causa frequente é a presença de fissuras na camada do subleito que são propagadas até a superfície (ZHU *et al.*, 2023). Um exemplo de fissuras por reflexão é apresentado na Figura 6;
- (c) Fissuras em forma de bloco: esse tipo de fissuração é caracterizado por segmentos lineares distintos com blocos poligonais. As fissuras em forma de bloco são geralmente dominadas por um bloco transversal ou fenda longitudinal, com apenas alguns elementos diagonais. A identificação precoce e o reparo oportuno dessas fissuras são fundamentais para a segurança e vida útil do pavimento aeroportuário (KOUTSOPOULOS; DOWNEY, 1993). Um exemplo de fissuras em forma de bloco é apresentado na Figura 7.

Figura 5 – Fissuras por Fadiga



Fonte: Adaptada de Molenaar (2007).

Figura 7 – Fissuras em forma de bloco



Fonte: Adaptada de Wang e Buttlar (2019).

Figura 6 – Fissuras por Reflexão



Fonte: Adaptada de Washington Asphalt Pavement Association (2020).

2.7.1 *Estresse causado pelas rodas no pavimento*

A interação entre as rodas de um veículo e a superfície do pavimento é uma fonte de tensões que pode causar danos no pavimento. A carga repetitiva das rodas pode resultar em fadiga no pavimento, levando à formação de trincas e falhas na sua superfície. A magnitude e a distribuição da carga exercida pelas rodas dependem de fatores como o veículo, o peso, a configuração do eixo e por consequência a pressão nos pneus, bem como das condições da superfície do pavimento. Dentre os diversos esforços causados pelas rodas no pavimento, destacam-se:

- (a) Esforços verticais: são ocasionados pelo peso das aeronaves e representam uma parte significativa do estresse no pavimento. Em aeronaves de grande porte, como o Airbus A380, a carga exercida por pneu pode chegar a 28 toneladas (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2020);
- (b) Esforços longitudinais na direção do veículo: ocorrem devido ao atrito entre os pneus e o pavimento durante a aceleração e desaceleração da aeronave. Esses esforços podem ocasionar trincas e deformações no pavimento, afetando sua vida útil (WHITE, 2016);
- (c) Esforços na direção transversal, perpendiculares à direção do veículo: são gerados durante a curvatura da aeronave no solo e podem resultar em fissuras diagonais no pavimento (ERAKY *et al.*, 2022). A magnitude desses esforços é influenciada pelo raio de curvatura da aeronave e pela sua velocidade. Uma aeronave que realiza o pouso com uma velocidade mais alta necessita exercer uma força maior para sua total parada, força essa transmitida

ao pavimento.

Para estimar o módulo do esforço de contato entre os pneus e o pavimento, é comum utilizar a pressão dos pneus. No entanto, é importante ressaltar que o estresse no centro do pneu é governado pela pressão interna, enquanto nas laterais do pneu, os esforços são predominantemente influenciados pela carga transportada ao solo (LARSEN; International Society for Asphalt Pavements, 1997).

Além desses esforços, é relevante mencionar a influência dos esforços de torção e cisalhamento causados pelas rodas no pavimento, especialmente em aeronaves com trem de pouso múltiplo. Esses esforços podem ocasionar o surgimento de trincas e deformações no pavimento, afetando tanto sua vida útil quanto a segurança operacional.

2.7.2 Início do fissuramento e propagação das fissuras

Os poros superficiais presentes na mistura asfáltica ou no concreto recém-construído atuam como as primeiras fissuras. No entanto, essas aberturas são menos significativas em estágios iniciais e tendem a progredir com o uso. Um modelo representativo dos esforços no pavimento deve levar em consideração as fissuras iniciais, uma vez que as fissuras que surgem durante o uso se originam dessas fissuras iniciais. A gravidade das fissuras será classificada de acordo com a abertura em relação à superfície, podendo ser leve, intermediária ou grave (LARSEN; International Society for Asphalt Pavements, 1997).

Quando ocorre uma interrupção na continuidade da superfície, como é o caso das fissuras, o modelo de elementos finitos requer adaptações nos contornos. Uma possível alteração envolve a deformação da malha de elementos para acomodar a ausência de material, seja localmente, por meio de um mapeamento próximo, ou globalmente, com uma modificação abrangente da malha. Todavia, transferir as propriedades da malha antiga para a nova malha pode ser computacionalmente exigente (LIM *et al.*, 1996).

2.7.3 Análise linear elástica

A análise linear elástica foi proposta em 1945 como um método para calcular os esforços e os deslocamentos em pavimentos compostos de múltiplas camadas de solo. Inicialmente aplicada a pavimentos de duas camadas, essa abordagem pressupunha um modelo linear e homogêneo para prever o comportamento dos solos (BURMISTER, 1945). Os esforços calculados eram então confrontados com os critérios de falha para dimensionar os pavimentos.

A premissa fundamental da análise linear elástica é que as deformações são proporcionais às cargas aplicadas, e que as propriedades elásticas dos materiais são constantes em todo o intervalo de tensão, o que nem sempre representa a realidade (ROLDAN-OLÍDEN; CALVO-JURADO, 2022).

Para realizar uma análise linear elástica, é necessário determinar as propriedades mecânicas dos materiais utilizados na estrutura, bem como as cargas externas que atuam sobre ela. Com essas informações, as equações da mecânica dos sólidos podem ser aplicadas para determinar as deformações e as tensões em cada ponto da estrutura.

Além disso, a premissa da elasticidade não é encontrada nos pavimentos em operação. A maioria dos materiais não apresenta comportamento homogêneo, especialmente os materiais granulares, que possuem muita heterogeneidade. Mesmo o revestimento, seja de concreto ou asfalto, não exhibe comportamento homogêneo. Quando submetidos a esforços, os materiais dos pavimentos exibem tanto deformações elásticas quanto deformações não elásticas (HADI; BODHINAYAKE, 2003).

Ademais, a análise linear elástica apresenta outras limitações. Em primeiro lugar, ela pressupõe que as deformações permaneçam dentro do intervalo elástico do material, ou seja, não leva em consideração a possibilidade de plastificação do material ou outros fenômenos não-lineares. Além disso, não considera a ocorrência de falhas locais, como trincas e fissuras, o que pode resultar em subestimação das tensões e deformações em regiões em que essas falhas ocorrem, comprometendo a precisão do projeto. O método também enfrenta dificuldades ao representar solos submetidos a cargas muito elevadas ou pavimentos com baixa resistência, uma vez que esses esforços tendem a ultrapassar a faixa de deformação elástica do material (MAINA *et al.*, 2012). O uso exclusivo da modelagem elástica do material também pode resultar em uma distribuição mais uniforme das deformações, enquanto as tensões podem não ser representadas de maneira realista (WIMMER *et al.*, 2016).

Outra limitação da análise linear elástica é que ela não considera a interação entre as diferentes partes do pavimento. Por exemplo, a carga aplicada em uma placa pode afetar as tensões e as deformações em uma estrutura adjacente. Essa interação pode resultar em uma distribuição de tensões e deformações diferente do que seria previsto pela análise linear elástica.

2.7.3.1 Elementos finitos associados à análise elástica linear

A utilização de modelos de elementos finitos para análise elástica linear compartilha algumas premissas semelhantes à análise elástica linear clássica, como a consideração de um material linear elástico, pequenas deformações e a ausência de falhas ou fraturas no material. No entanto, a modelagem por elementos finitos oferece maior precisão na representação da geometria e das condições de contorno, possibilitando a análise de problemas mais complexos, como geometrias não uniformes ou não simétricas, materiais não homogêneos e condições de contorno mais complexas. Um exemplo disso é a presença de juntas de dilatação na estrutura, que não podem ser adequadamente representadas pelo modelo elástico linear básico (UDDIN *et al.*, 1995).

Por outro lado, os modelos de elementos finitos apresentam algumas limitações. A necessidade de discretização da geometria em elementos finitos pode levar a erros de truncamento se o número de elementos não for suficiente, ou a instabilidades numéricas se os elementos forem muito pequenos. Além disso, o modelo pode ser afetado por erros de modelagem, como a escolha inadequada do elemento finito ou dos parâmetros do material, como o módulo de elasticidade e o coeficiente de *Poisson*.

A presença de descontinuidades ou fissuras é comum em pavimentos e pode ter um impacto significativo no comportamento estrutural. No entanto, a modelagem de descontinuidades em um modelo de elementos finitos pode apresentar desafios significativos. As descontinuidades representam mudanças abruptas nas propriedades mecânicas do material, o que pode levar a problemas de convergência numérica durante a análise. Uma alternativa é considerar o comportamento não linear do material próximo à fissura e empregar técnicas avançadas de modelagem para capturar com precisão o comportamento estrutural.

Embora a utilização de modelos de elementos finitos possa aumentar a precisão e a capacidade de análise de problemas elásticos lineares, levando em consideração fatores como a área de contato da carga, pressão do pneu e juntas de dilatação do pavimento (GUNGOR *et al.*, 2017), é importante estar ciente de suas limitações e realizar uma análise cuidadosa da qualidade dos resultados obtidos. Uma comparação entre o método clássico e o método de elementos finitos, bem como a avaliação dos parâmetros do modelo mais importantes, pode ser realizada por meio de testes de hipótese.

2.8 Programas computacionais

Para a simulação e análise de pavimentos, foi usado o programa ABAQUS 2020. Tomando como ferramenta a *Application Programming Interface* (API) do programa, baseada em Python, será possível proceder a criação de pavimentos alternativos para a análise, conforme Figura 8. Além do ABAQUS, foi usado o Python, versão 3.11.4 (Python Software Foundation, 2023) e suas bibliotecas: Pandas, versão 2.1.3, para o processamento de *data frames* de dados e a reorganização de visualizações; *Statsmodels*, versão 0.13.06, *Scipy*, versão 1.7.15 e *Numpy* para 1.25.4, para teste estatístico comparativo entre as propriedades do modelo e por fim *matplotlib* versão 3.8.23 e *seaborn* versão 0.13.06 para gráficos descritivos de variáveis.

2.8.1 ABAQUS

O ABAQUS é um *software* de simulação por elementos finitos amplamente utilizado em engenharia, ciência e pesquisa. Ele é desenvolvido pela *Dassault Systèmes* e é utilizado para modelagem, análise e simulação de problemas mecânicos, térmicos, eletromagnéticos e acústicos. O ABAQUS oferece recursos de modelagem tridimensional, análise de não linearidade, dinâmica estrutural, análise de contato, análise de elementos finitos (UDDIN *et al.*, 1994) em grande escala e simulações de fluidos acoplados. A versão usada será a ABAQUS 2020.

O *software* é composto por três módulos principais: o pré-processador, o solucionador e o pós-processador. O pré-processador é usado para construir o modelo de elementos finitos a partir da geometria do objeto, criando a malha de elementos finitos. O solucionador é responsável pela resolução das equações que descrevem o comportamento do modelo, enquanto o pós-processador é usado para visualizar e interpretar os resultados da simulação (Dassault Systèmes, 2012).

O ABAQUS oferece uma ampla gama de opções de análise, incluindo tensões e deformações e tempo de vida útil em análises de pavimentos rodoviários (ALWAN, 2023) e aeroportuários (YANG *et al.*, 2022), auxiliando na tomada de decisões por parte dos projetistas. Além disso, também possibilita a análise térmica, análise dinâmica, análise de fadiga, análise de impacto com deformações e deslocamentos e análise acústica (Dassault Systèmes, 2012). O *software* também possui recursos avançados de otimização, que permitem a busca por soluções ótimas de projeto (BÖRGESSON, 1996).

2.8.2 Programação orientada a objetos

Programação Orientada a Objetos (POO) é um paradigma de programação que utiliza objetos como elementos fundamentais para modelar um sistema. Cada objeto possui suas propriedades e métodos (BURTON; BRUHN, 2003). Cada objeto também representa uma instância de uma classe, nomeadamente uma estrutura definidora de atributos e métodos que podem ser utilizados. A POO oferece uma maneira estruturada e organizada de lidar com a complexidade de um sistema, permitindo a reutilização de código, o encapsulamento e o polimorfismo, melhorando assim a trabalhabilidade do programa e a escalabilidade para diferentes tarefas (SAIDOVA, 2022).

Na POO, os objetos são as entidades fundamentais que interagem entre si por métodos e de mensagens. Um objeto pode armazenar e manipular dados por seus atributos, variáveis internas da classe, como as camadas de um pavimento ou o valor da pressão representada em cada ponto de contato com o solo. Os métodos são as funções que realizam operações e processamentos com esses dados.

O encapsulamento é um dos conceitos mais importantes da POO e se refere à ideia de esconder detalhes de implementação do objeto e fornecer apenas funções precisas para acessar as propriedades determinadas (HOURANI *et al.*, 2019). Isso permite que o objeto seja usado sem a necessidade de conhecer exatamente como ele funciona. O encapsulamento facilita a manutenção e a evolução do sistema, pois as alterações na implementação do objeto podem ser feitas sem afetar outras partes do sistema.

A herança é outro conceito importante da POO, pois permite a criação de novas classes a partir de classes existentes. Uma classe derivada herda os atributos e os métodos da classe mãe e pode adicionar novos atributos e métodos ou redefinir os existentes (HUDLI *et al.*, 1994) e (HANG *et al.*, 2023).

O polimorfismo é a capacidade de um objeto ser usado de maneiras diferentes dependendo do contexto em que é utilizado (ISSARIYAKUL *et al.*, 2012). Isso significa que um objeto pode ser passado como argumento para uma função ou método que espera um objeto de outro tipo, desde que ele possua os mesmos métodos e atributos necessários (SARCAR, 2022).

2.9 Análise de sensibilidade univariada

A análise de sensibilidade é uma etapa importante na compreensão da influência relativa das variáveis em um modelo de regressão não linear, especialmente quando as variáveis possuem ordens de grandeza distintas. No presente estudo sobre o comportamento dos pavimentos aeroportuários, considerou-se variáveis como o módulo de elasticidade (MPa), coeficiente de *Poisson* e espessura das camadas (m), cada uma com escalas diferentes de magnitude. Dadas as consideráveis discrepâncias nas escalas das variáveis, torna-se imperativo um método de comparação resistente a mudança de escalas para entender como cada uma delas contribui para a variação nos resultados do modelo. Para atingir esse objetivo, adotou-se uma abordagem sistemática de análise de sensibilidade univariada: Calcula-se a variação percentual (Equação 2) causada na deformação com a alteração percentual de uma variável, mantendo-se as outras constantes e mede-se a variação percentual no valor de deformação do modelo obtido (Equação 2).

$$V_p = \left(\frac{u(i) - u(i-1)}{u(i-1)} \right) \times 100\% \quad (2)$$

A fórmula calcula a variação percentual entre esses dois deslocamentos, sendo que:

- V_p : Variação percentual do parâmetro de pavimento;
- $u(i)$: Deslocamento do índice de parâmetros atual;
- $u(i-1)$: Deslocamento no parâmetro de pavimento anterior.

HIGUERA (2020) fez um experimento comparando a deformação de um pavimento (m/m) variando o módulo de elasticidade (Pa), temperatura (graus) e umidade (porcentagem) que contém ordens de grandeza de representação bastante distintas. Outro exemplo, comparou a renda (em dólares), o índice de massa corporal (quilos por metro quadrado) e número de anos na escola (SCHNEEWEISS, 2006). Um estudo sobre estratégias de combate à dengue, foi conduzido com uma análise de sensibilidade com variação de 1% a cada nova simulação de parâmetro de entrada que avaliava a taxa de natalidade humana (com ordem de grandeza $10E-5$ dias), proporção de ovos infectados (expresso em porcentagem) e período de incubação (expresso em dias) (AMAKU *et al.*, 2014).

Em outra análise, para avaliar o crescimento de um ecossistema biológico foram consideradas a porcentagem de contribuição na dieta dos peixes (porcentagem), temperatura do ambiente (graus), quantidade de biomassa de entrada (Kg) (BAX, 1985), Além desses, tentando prever a deflexão no topo do subleito de um pavimento avaliou o diâmetro efetivo dos grão (mm),

precipitação de chuva (%), MR (MPa), espessura das camadas (cm) e pressão dos pneus (MPa) (MOUSAVI *et al.*, 2019).

Na análise de pavimentos, um estudo de análise de sensibilidade, por exemplo, foi realizado para solos coesivos, em que se concluiu que a coesão do solo tem uma importância elevada na resistência desses solos quando comparada a outras variáveis como índice de plasticidade (LINKE; LAMMERING, 2023).

2.10 Análise estatística

A estatística desempenha um papel fundamental na pesquisa científica, permitindo uma avaliação objetiva dos dados coletados. Pelo uso de técnicas estatísticas, é possível identificar padrões e formular testes sobre a amostra estudada, fundamentais para verificar a validade das conclusões tiradas a partir dos dados coletados. Nesta Dissertação, os resultados serão discutidos com base no teste de *bootstrap* associado ao teste de *Welch*.

2.10.1 Teste de *bootstrap*

O teste de *bootstrap* é uma técnica de reamostragem que permite estimar a distribuição de uma estatística amostral sem a necessidade de fazer suposições sobre a população subjacente. O procedimento básico envolve a criação de milhares de conjuntos de dados fictícios, chamados reamostragens, obtidos com substituição a partir da amostra original. A estatística de interesse é então calculada para cada reamostragem. Essas estatísticas formam uma distribuição de *bootstrap*, utilizada para inferir características da distribuição da população, como intervalos de confiança e testes de hipóteses (EFRON, 1979).

Embora o teste de *bootstrap* seja flexível, não está isento de premissas:

- (a) *Independência das Amostras*: A independência entre as observações na amostra original é uma premissa importante para a validade do *bootstrap* (EFRON, 1979). Se os dados não são independentes, a reamostragem *bootstrap* pode não refletir adequadamente a estrutura dos dados.
- (b) *Representatividade da Amostra*: A amostra original deve ser representativa da população da qual foi retirada (GRIST *et al.*, 2002). Se a amostra não for representativa, o *bootstrap* pode gerar estimativas enviesadas (ZHU, 1997).

Apesar de suas vantagens, o teste de *bootstrap* possui algumas limitações:

- (a) Sensível ao Tamanho da Amostra: O desempenho do *bootstrap* pode ser afetado pelo tamanho da amostra. Em amostras muito pequenas, os resultados do *bootstrap* podem não ser precisos (HOROWITZ, 2001).
- (b) Computacionalmente Intensivo: O processo de reamostragem pode ser computacionalmente intensivo, especialmente para conjuntos de dados muito grandes. Isso pode tornar o teste de *bootstrap* demorado em alguns cenários (HOROWITZ, 2001).
- (c) Assume Estabilidade da População: O *bootstrap* assume que a população é estável. Se a população está mudando ou evoluindo, isso pode introduzir viés nas estimativas (ZHU, 1997).

Em resumo, o teste de *bootstrap* é uma técnica estatística que compara estatísticas entre grupos em um estudo. Ele fornece uma abordagem sistemática para determinar quais pares de grupos têm médias significativamente diferentes e também oferece intervalos de confiança para as diferenças entre as médias. No contexto da análise de propriedades de pavimento, o teste de *bootstrap* pode auxiliar na identificação das propriedades mais relevantes para o seu desempenho, fornecendo uma base para decisões de projeto e manutenção.

2.10.2 Teste de Welch

Aliado ao teste de *bootstrap*, será usado o teste de Welch. O teste de Welch, também conhecido como o teste *t* de Welch, é uma ferramenta estatística frequentemente utilizada em pesquisa científica e análise de dados. O teste de Welch é projetado para comparar as médias de duas amostras independentes. Isso significa que ele é frequentemente empregado quando estamos interessados em determinar se há uma diferença significativa entre dois grupos distintos sendo mais robusto que o teste *t-student* (MONTILLA; KROMREY, 2010). As situações, em que o teste de Welch é útil, incluem:

- Comparação de médias entre dois grupos com tamanhos de amostra diferentes.
- Comparação de médias quando a variabilidade entre os grupos é desconhecida ou desigual.
- Comparação de médias em experimentos em que as premissas do teste *t* paramétrico não são atendidas.

O próximo passo é determinar o valor crítico para a estatística *t*, com base no nível de significância desejado e nos graus de liberdade associados. Comparando o valor calculado da estatística *Q* com o valor crítico, é possível determinar se a diferença entre as médias dos grupos é estatisticamente significativa. Se o valor calculado da estatística *t* for maior que o valor crítico,

conclui-se que as médias dos grupos são estatisticamente diferentes (ROY; BOSE, 1953).

O teste de Welch é uma adaptação do teste t independente tradicional baseado na estatística t . No entanto, ele modifica a fórmula do t e os graus de liberdade para considerar as diferenças nas variabilidades entre as duas amostras. Isso o torna mais robusto em situações em que a igualdade de variâncias não pode ser pressuposta.

A estatística do teste de Welch (WELCH, 1938), pode ser calculada pela equação Equação 3:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3)$$

Sendo que:

- (a) \bar{X}_1 e \bar{X}_2 são as médias das duas amostras.
- (b) s_1^2 e s_2^2 são as variâncias das duas amostras.
- (c) n_1 e n_2 são os tamanhos das amostras.

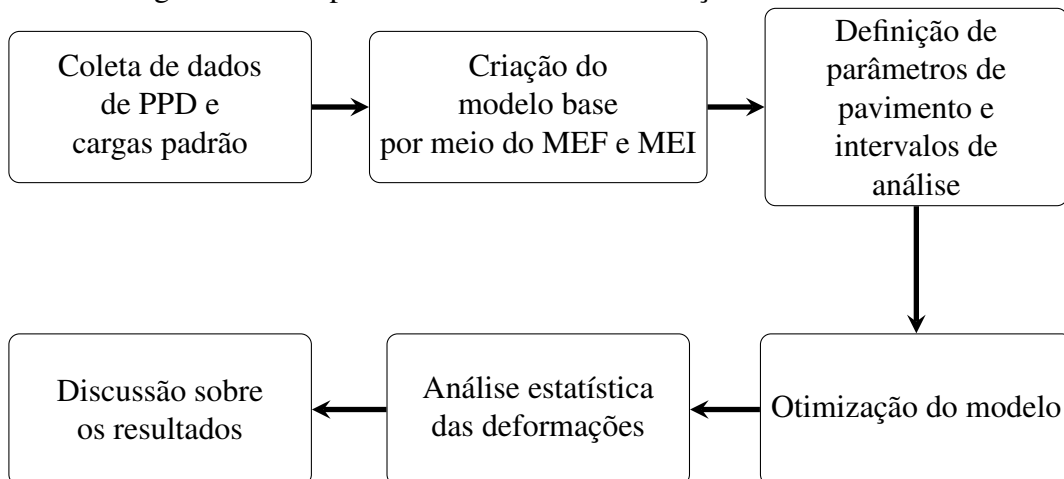
A estatística t resultante segue uma distribuição t de Welch, que tem graus de liberdade ajustados para acomodar as diferenças nas variabilidades, (WELCH, 1938).

Além de determinar quais pares de grupos são significativamente diferentes, o teste de Welch também fornece intervalos de confiança para as diferenças entre as médias dos grupos. Esses intervalos de confiança indicam o intervalo estimado em que a diferença real entre as médias provavelmente está contida. Isso é útil para uma interpretação mais precisa dos resultados e para entender a magnitude das diferenças entre os grupos (ROY; BOSE, 1953).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta Dissertação, foram seguidas as etapas metodológicas definidas da Figura 8 para analisar a influência dos parâmetros de pavimento na deformação elástica de uma pista de pouso e decolagem (PPD). Inicialmente, foram coletadas informações sobre a estrutura e as propriedades dos materiais de uma pista de pouso e decolagem existente, para garantir a praticabilidade das propriedades analisadas. Com base nisso, um modelo de pavimento-base foi criado, usando o Método dos Elementos Finitos (MEF), Método dos Elementos infinitos (MEI), e otimizado para um menor custo computacional dada a precisão requerida. Por fim, foi realizada uma análise estatística para verificar quais parâmetros foram mais significativos para o pavimento. Para as análises desta Dissertação foi adotado o valor de 95% como confiança estatística dos resultados bem como similaridade nas etapas de comparação entre modelos em etapas de otimização.

Figura 8 – Fluxograma das etapas realizadas nessa Dissertação



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para as simulações foi usado um computador com processador AMD Ryzen 9 7900X 12-Core (24 CPUs), 4.7GHz, memória: 131,072 GB de RAM DDR5, placa de vídeo: NVIDIA GeForce RTX 4090, SSD NVME PCIE 4.0 7400 MB/s de velocidade de leitura e 6500 MB/s de velocidade de escrita.

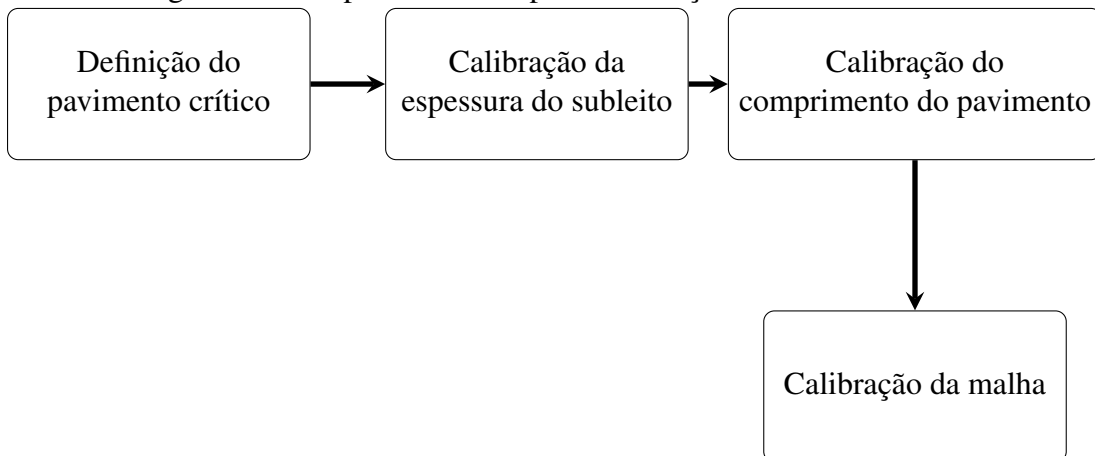
A etapa de otimização do modelo envolveu a definição de tamanho do subleito, comprimento do pavimento simulado e número de elementos infinitos. Para tanto, foi postulado um pavimento denominado pavimento crítico, que envolveu determinar qual dos pavimentos dentre os simulados apresentou as maiores deformações, e foi feita simulando os cenários mais críticos do pavimento (menores valores de parâmetros de resistência e maiores parâmetros de

carga).

Essa etapa contemplará um fluxograma próprio, descrito na Figura 9 e embora cada simulação precise de todas as características otimizadas especificadas (tamanho da malha, espessura do subleito e comprimento simulado) antes da definição na respectiva etapa foram postulados valores mais custosos computacionalmente, mas que possam contemplar as premissas estipuladas, sendo estas:

- (a) a deformação deve ser completamente dissipada antes do fim do pavimento. Logo, o comprimento do pavimento simulado e do subleito foram de 20 m cada;
- (b) a malha deve ser fina para garantir precisão no modelo, para a camada de revestimento foi colocada uma malha de 5 cm, para a camada de base e a seção de subleito 10 cm e 25 cm, respectivamente.

Figura 9 – Fluxograma das etapas realizadas para otimização do modelo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O avanço de cada etapa do fluxograma implica no uso da propriedade já definida nas simulações posteriores, por exemplo, após a etapa de calibração de subleito as etapas seguintes contemplaram a espessura de subleito definida.

Além disso, algumas convenções usadas neste trabalho:

- (a) Ponto de aferição das deformações: ponto na camada de subleito referente ao centro da roda mais interna, tanto eixo X (largura) e eixo Y (comprimento), do pavimento. Uma representação visual desse ponto foi apresentada na seção de simetria adotada;
- (b) Valores considerados *outliers* não foram removidos durante a etapa de análise estatística, dado que o teste estatístico (*bootstrap*) é resistente a presença deles, apenas durante a análise gráfica descritiva do pavimento esses valores foram removidos, quando necessários para a adequada visualização de dados.

3.1 Coleta de características da PPD e cargas padrão

Inicialmente, foi realizada a coleta de informações junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) sobre a estrutura e as propriedades dos materiais utilizados em uma PPD existente no território nacional. Essa PPD serviu como referência para as análises realizadas nesta Dissertação. As informações coletadas incluíram dados sobre as camadas do pavimento, como espessuras, materiais utilizados e suas propriedades físicas e mecânicas. Com base nas informações fornecidas pela ANAC, estabeleceu-se a estrutura de pavimento-base, que serviu como ponto de partida para as simulações numéricas (Quadro 1).

Quadro 1 – Características da composição da estrutura do pavimento-base

Camada	Espessura (cm)	Coef. de <i>Poisson</i>	Módulo de elasticidade (MPa)
Camada Asfáltica	30,00	0,30	1500,00
BGS	40,00	0,35	250,00
Subleito (CBR > 20%)	indefinido	0,40	200,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2 Criação do modelo base por meio do MEF

A estrutura do pavimento-base (Quadro 1) foi modelada no *software* ABAQUS 2020. Para a criação dos modelos, além dos materiais e da carga de tráfego algumas definições são necessárias:

- (a) Espessura do subleito necessária;
- (b) Largura do pavimento otimizado;
- (c) Comprimento do pavimento otimizado;
- (d) Tamanho dos elementos de malha que foi usado nas simulações.

Embora a espessura da camada do subleito seja indeterminada, em uma seção dedicada foi feita a análise da espessura adotada para garantir que todas as deformações sejam dissipadas antes do fim da camada, garantindo um custo computacional adequado. Além disso, em seções dedicadas foram feitas as otimizações para o pavimento calculado.

3.2.1 Carga das aeronaves no pavimento

Convém definir as cargas aplicadas na estrutura. No caso dos pavimentos aeroportuários, é necessário considerar o Peso Máximo de Decolagem (PMD), bem como a sua distribuição pelas rodas, como: quantidade de pneus, afastamento entre esses pneus, área de aplicação da

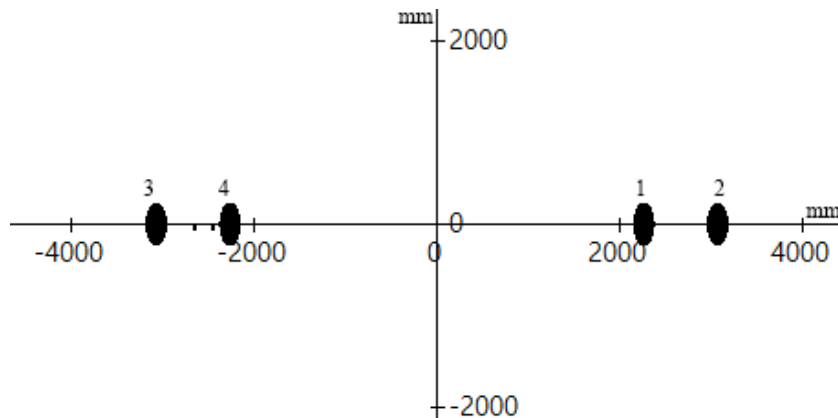
carga e pressão aplicada pelas rodas da aeronave.

As características das aeronaves foram retiradas do FAARFIELD 2.0.18, fornecido pela *Federal Aviation Administration* (FAA) e dos manuais dos fabricantes das aeronaves. Foi escolhida uma aeronave com eixo simples, uma com o eixo em *tandem* duplo e outra *tandem* triplo, respectivamente, *Boeing 737-800*, *Boeing 767-300* e *Boeing 777-300*, objetivando verificar como as deformações ocorrem nos pavimentos sob eixos diferentes.

3.2.1.1 *Boeing 737-800 - eixo simples*

O *Boeing 737-800*, é uma aeronave equipada com um eixo simples de rodas duplas (Figura 10), com as coordenadas das rodas apresentadas na Tabela 8 e características no Quadro 2. Além disso, é uma aeronave comercial de médio porte, produzida pela *Boeing Commercial Airplanes* cujo alcance é de cerca de 3.200 km (BOEING, 2013).

Figura 10 – Representação esquemática das rodas - *Boeing 737-800*



Fonte: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022)

Tabela 8 – Coordenadas das rodas do *Boeing 737-800*

Roda	Coordenada X (mm)	Coordenada Y (mm)
1	-3289,1	0
2	-2425,5	0
3	3289,1	0
4	2425,5	0

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Quadro 2 – Características da Aeronave B737-800

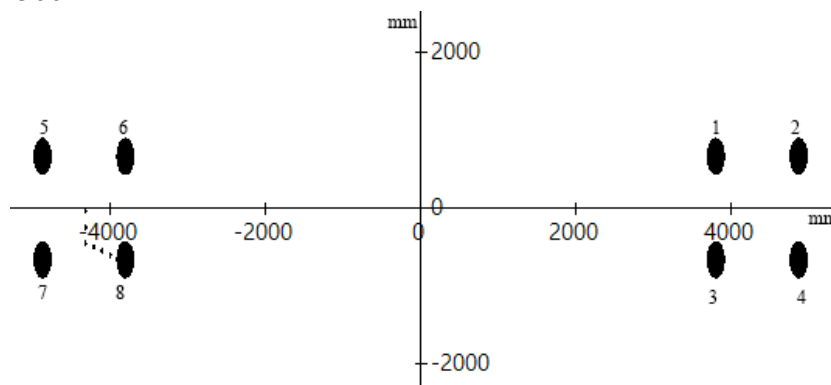
Pressão nos pneus (kPa)	1407
<i>Gross Taxi Weight</i> (kg)	79242
Número de rodas por eixo	4
Peso (kN)	777,36
Percentual da Carga por Eixo (%)	0,95

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

3.2.1.2 Boeing 767-300 - eixo tandem duplo

O *Boeing 767-300* é equipado com um eixo duplo de rodas duplas (Figura 11). É um avião a jato bimotor, possui um eixo em *tandem* duplo, com as coordenadas das rodas apresentadas na Tabela 9 e características no Quadro 3 cujo alcance de voo é de cerca de 10.000 km (BOEING, 2005).

Figura 11 – Representação esquemática das rodas - *Boeing 767-300*



Fonte: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Tabela 9 – Coordenadas das rodas do *Boeing 767-300*

Roda	Coordenada X (mm)	Coordenada Y (mm)
1	-5219,5	711,2
2	-4076,5	711,2
3	-5219,5	-711,2
4	-4076,5	-711,2
5	5219,5	711,2
6	4076,5	711,2
7	5219,5	-711,2
8	4076,5	-711,2

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Quadro 3 – Características da Aeronave B767-300

Pressão nos pneus (kPa)	1310
<i>Gross Taxi Weight</i> (Kg)	175994
Número de rodas por eixo	8
Peso (kN)	1726,50
Percentual da Carga por Eixo (%)	0,95

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

3.2.1.3 Boeing 777-300 - eixo tandem triplo

O *Boeing 777-300*, com coordenadas das rodas na Tabela 10 e características em Quadro 4. É uma aeronave de grande porte, de longo alcance e bimotor. A aeronave é portadora de um eixo simples em *tandem* triplo (Figura 12), sendo geralmente usada para voos internacionais de longa distância e sua capacidade de voo é de cerca de 17.000 km (BOEING, 2015).

Tabela 10 – Coordenadas das rodas do *Boeing 777-300*

Roda	Coordenada X (mm)	Coordenada Y (mm)
1	-5219,5	711,2
2	-4076,5	711,2
3	-5219,5	-711,2
4	-4076,5	-711,2
5	5219,5	711,2
6	4076,5	711,2
7	5219,5	-711,2
8	4076,5	-711,2
9	-6185	0
10	-4788	0
11	-6185	-1463
12	-4788	-1463

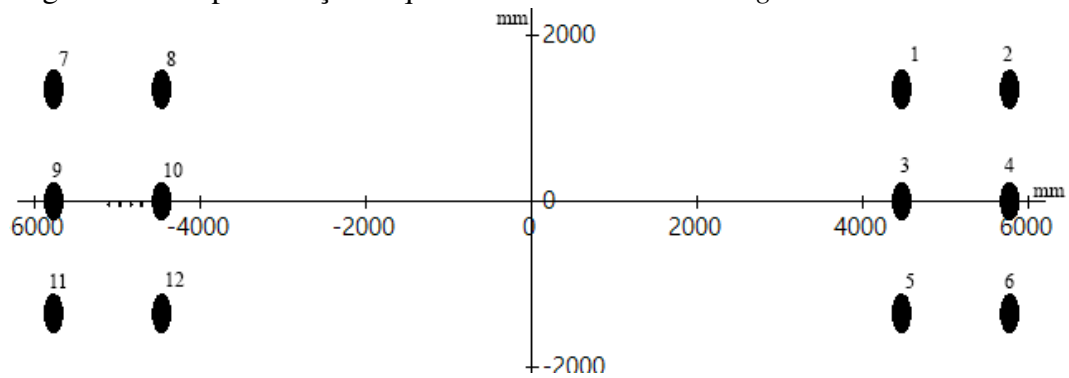
Fonte: Elaborada pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Quadro 4 – Características da Aeronave B777-300

Pressão nos pneus (kPa)	1503
<i>Gross Taxi Weight</i> (kg)	352441
Número de rodas por eixo	12
Peso (kN)	3457,45
Percentual da Carga por Eixo (%)	0,95

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

Figura 12 – Representação esquemática das rodas - *Boeing 777-300*

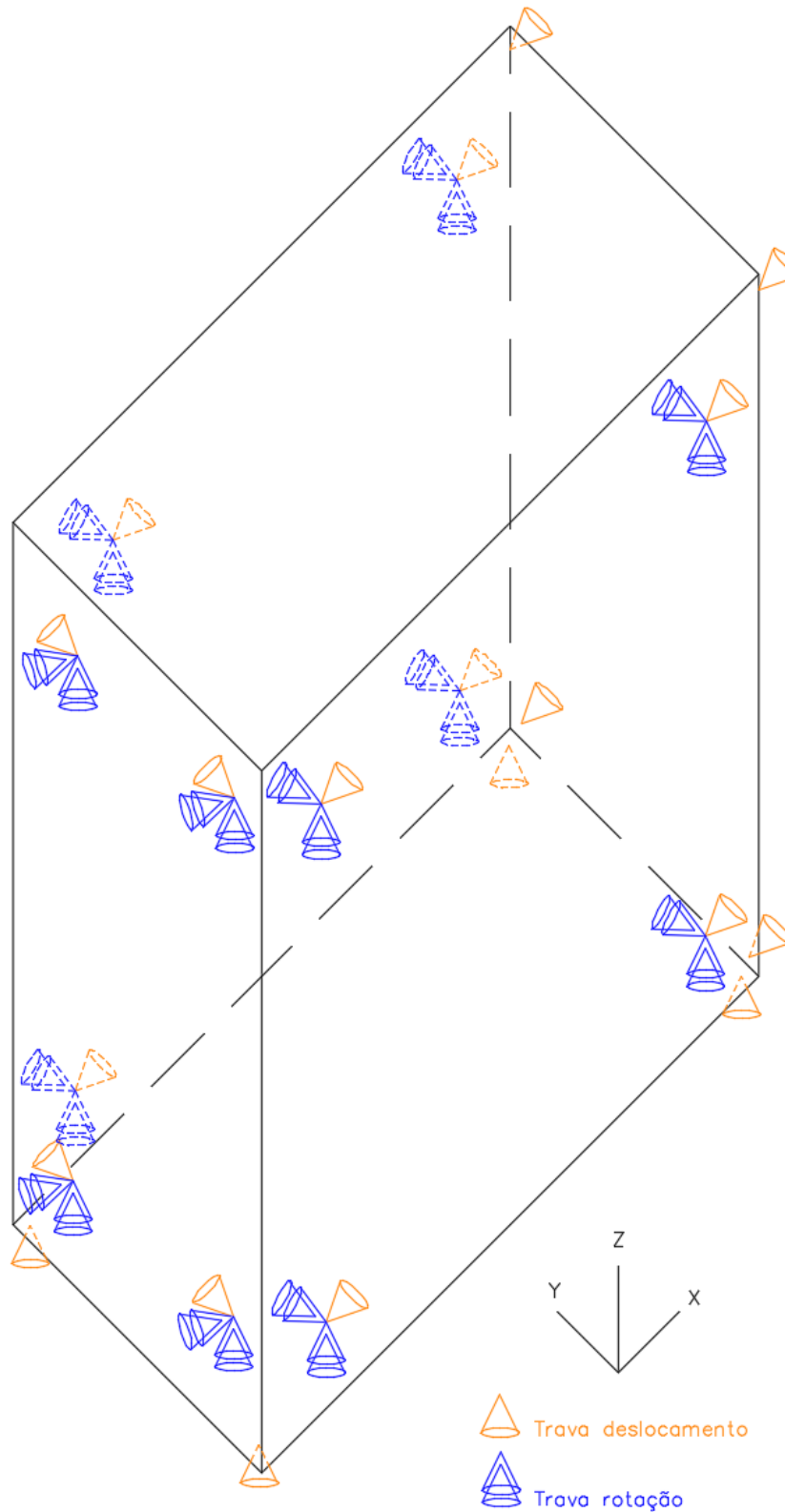


Fonte: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (2022).

3.2.2 Condições de apoio dos pavimentos simulados

Para a simulação do pavimento, tanto o real quanto os fictícios, é importante definir as condições de apoio de cada camada. Essas condições correspondem às restrições impostas no contorno do modelo para representar as características de suporte do terreno e as camadas subjacentes. No pavimento simulado, foram consideradas as seguintes condições de apoio (Figura 13):

Figura 13 – Esquemático das condições de apoio no pavimento

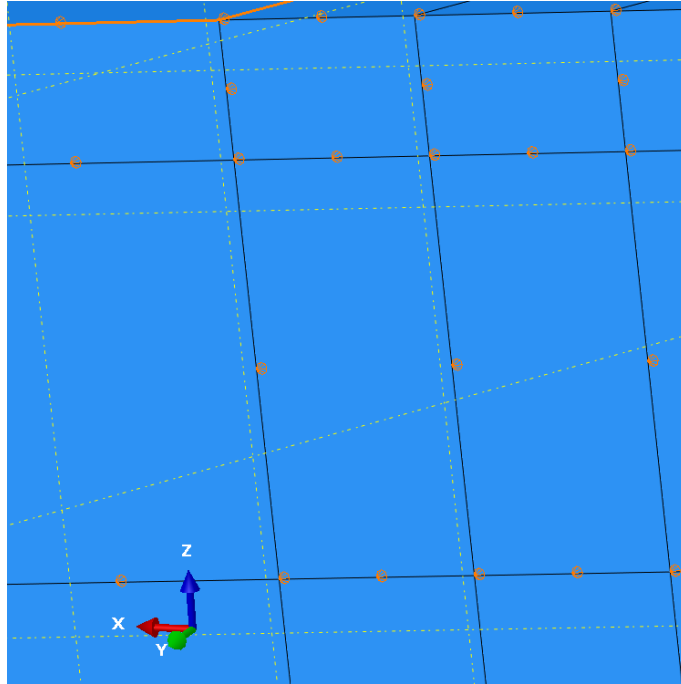


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

- (a) Na linha horizontal superior do retângulo de simetria do pavimento: condição de apoio do primeiro gênero em Y, conforme cone laranja, e libera-se os outros eixos, conforme

Figura 14. Foi fixado o eixo Y , permitindo a deformação nos eixos X e Z , sem restrição de rotações. Conforme a premissa adotada, não haverá rotações nessa região, visto que o bulbo de tensões não deverá chegar até o limite do terreno;

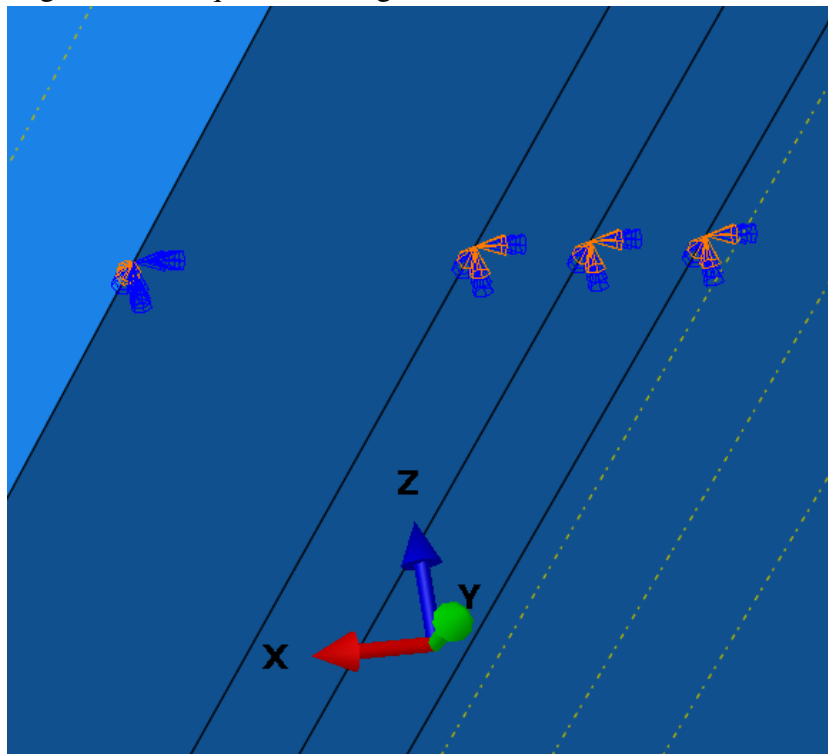
Figura 14 – Esquemático de Travas Y no retângulo de simetria



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

- (b) Nos nós inferiores do pavimento: condição de apoio do terceiro gênero. Considerando a premissa de indeformabilidade do fim do subleito, a parte mais baixa do pavimento foi considerada indeformável, e todas as rotações e deslocamentos foram limitados. Conforme a presença dos três triângulos laranjas e três triângulos azuis, representados no ABAQUS 2020, conforme a Figura 15:

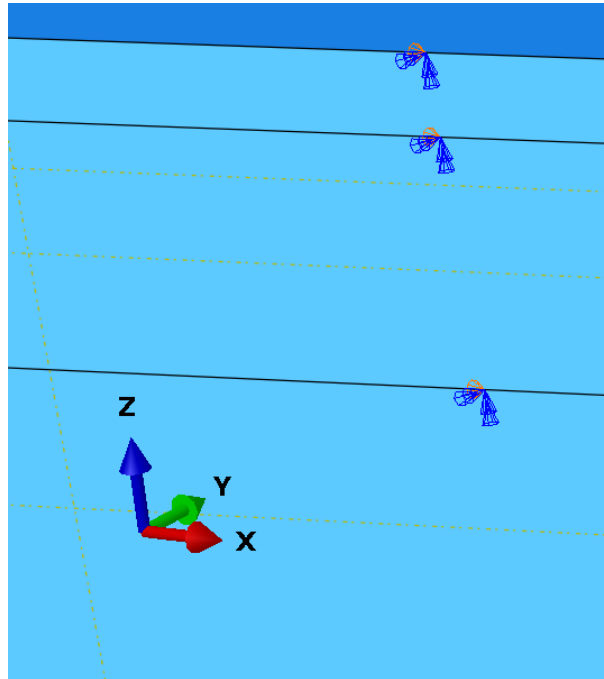
Figura 15 – Esquemático engaste



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

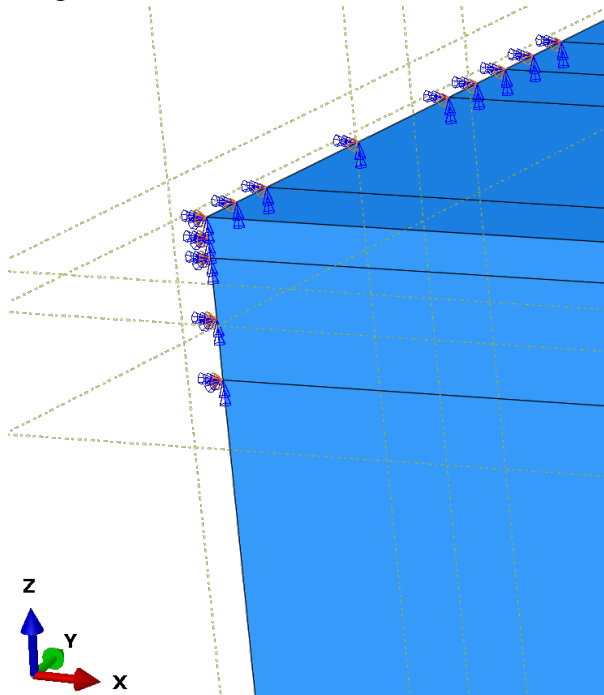
- (c) Nos nós localizados nos eixos de simetria: foi considerada a condição de simetria. A deformação foi livre e calculada com base na premissa de simetria pelo programa. Em torno do eixo X , foi aplicada a condição de simetria em relação ao eixo X . De acordo com Figura 16, nos dois segmentos verticais do retângulo de simetria, foi aplicada a simetria em relação ao eixo Y , conforme Figura 17. O triângulo laranja de trava de deslocamento está localizado ao eixo perpendicular do eixo em análise, a rotação é travada em torno dos eixos perpendiculares ao eixo de simetria. Eixo X e Z para a simetria Y e eixos Y e Z para simetria X .

Figura 16 – Esquemático de simetria X no retângulo de simetria



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 17 – Esquemático de simetria Y no retângulo de simetria



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

3.2.3 Simetria adotada

Para a finalidade de simulação, apenas um lado da aeronave foi simulado considerando a sua simetria. Além disso, no próprio eixo foram usadas condições de simetria para melhorar o desempenho do modelo apenas um quarto do eixo foi simulado, sendo adotada também a simetria dupla no centro geométrico do eixo no modelo. Por meio do princípio da superposição, pode-se postular que as condições das rodas omitidas no eixo analisado e o outro lado do eixo foram representados, pois, o programa simula com as condições de contorno de simetria os efeitos correspondentes ao trecho de pavimento omitido.

Em todas as subseções de simetria adotada, o ponto \bar{x} marca o centro entre as rodas, e o ponto p marca onde as deformações foram coletadas e sempre foi marcado no ponto central da roda mais interna de projeto. Além disso, o ponto p no eixo vertical foi coletado no topo do subleito.

A simetria foi adotada devido ao grande número de modelos e de simulações. Para obter os resultados, optou-se por alternativas computacionalmente menos exigentes. Foram traçados retângulos de simetria; os lados desses retângulos, com exceção apenas no lado superior. Foram usados com eixos de espelhamento do pavimento analisado. As coordenadas do retângulo foram: de 0,0 (origem) até LRX_m , conformes subseção 3.2.3. LRX_m é a localização da roda média no eixo horizontal. O comprimento do pavimento simulado foi definido em seção dedicada.

$$LRX_m = \frac{LRh_i + LRh_e}{2}$$

Em que:

LRX_m : localização horizontal da roda média;

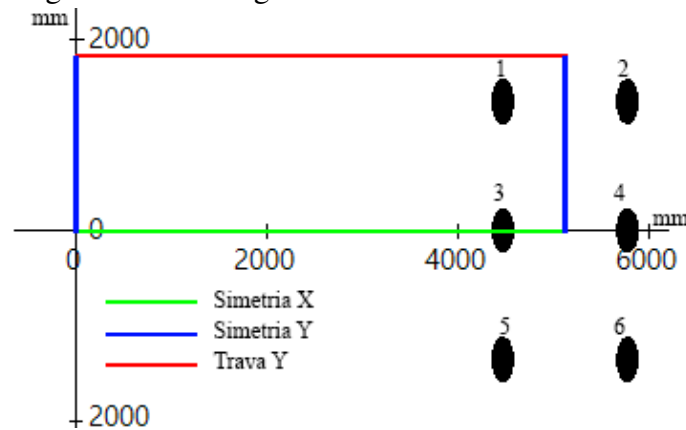
LRh_i : localização horizontal da roda interna;

LRh_e : localização horizontal da roda externa.

3.2.3.1 Retângulo de simetria das aeronaves

Em cada trem de pouso foi traçado um retângulo de simetria. Esse retângulo passará pelo ponto de origem do pavimento, ponto médio entre rodas no eixo X e terá comprimento definido em etapa dedicada. No eixo X, o retângulo se prolongou até o ponto médio X entre rodas, fechando-se o retângulo, conforme Figura 18.

Figura 18 – Retângulo de simetria das aeronaves



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Foram conduzidos dois espelhamentos; o primeiro representa a asa omitida; o outro representa o lado omitido no eixo *tandem* (em azul e sob o eixo Y na Figura 18). O lado do retângulo sobre o eixo X marca o eixo de simetria X, responsável por simular parte do eixo *tandem* omitido (em amarelo na Figura 18). O lado em vermelho marca a distância máxima do eixo X, em que foram colocadas as travas em Y.

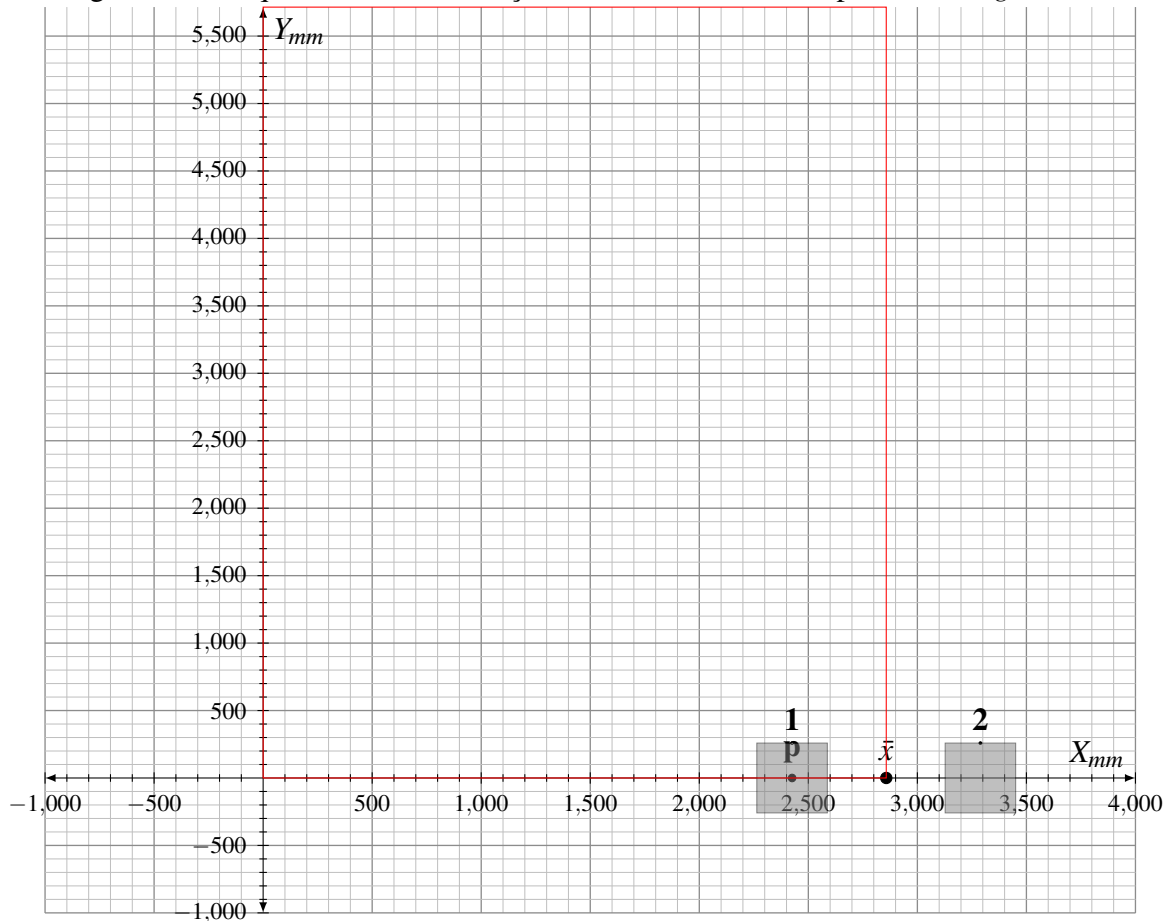
3.2.3.2 Simetria adotada para o Boeing 737-800 - eixo simples

O *Boeing 737-800* possui dois eixos simples de rodas duplas (um sobre cada asa). Apenas um quarto de conjunto de trem de pouso foi simulado, a metade da roda 1 foi simulada bem como a roda 2. O retângulo de simetria inicia da origem e passa no ponto médio entre as rodas duplas, ponto 2.857,3 mm horizontal conforme marcação em vermelho da Figura 19.

3.2.3.3 Simetria adotada para o Boeing 767-300 - eixo tandem duplo

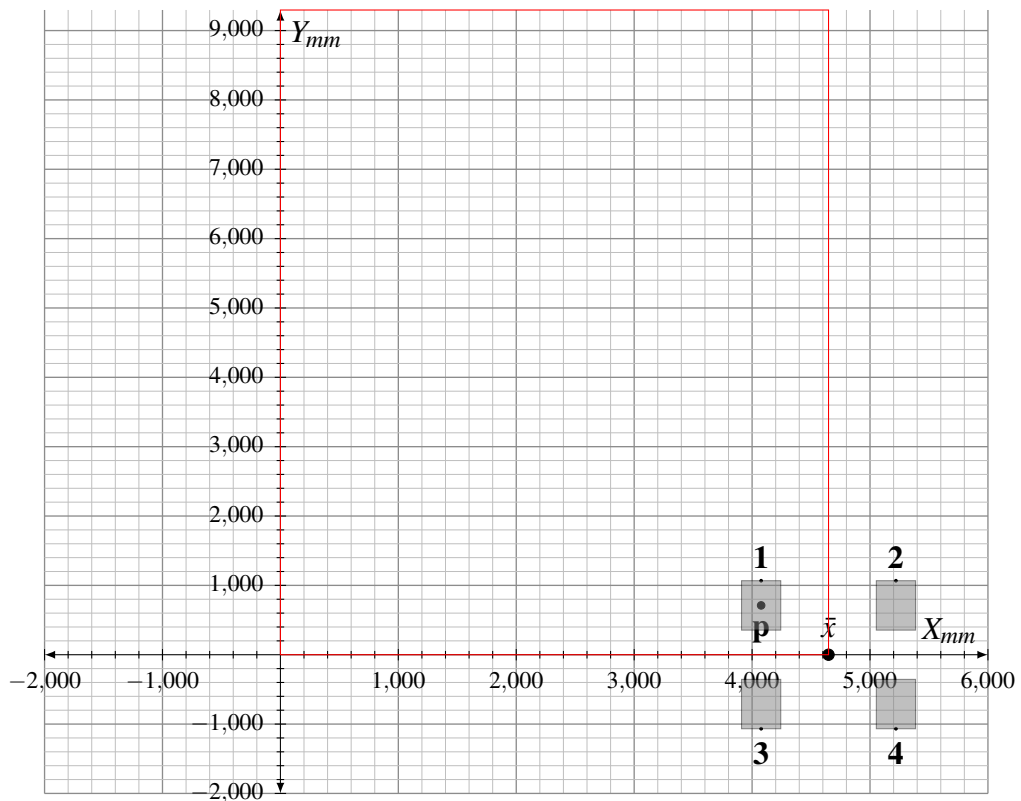
A aeronave *Boeing 767-300* é equipada com dois conjuntos de rodas duplas em *tandem* duplo, um em cada asa. Foi simulado apenas um conjunto de rodas em uma das asas. O eixo de simetria foi definido na origem passando pelo ponto médio entre as rodas 1 e 2, ponto 4,648mm horizontal (Figura 20) pela marcação em vermelho. Desse modo, apenas a roda 1 foi simulada e as outras, reproduzidas por simetria.

Figura 19 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o *Boeing 737-800*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 20 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o *Boeing 767-300*

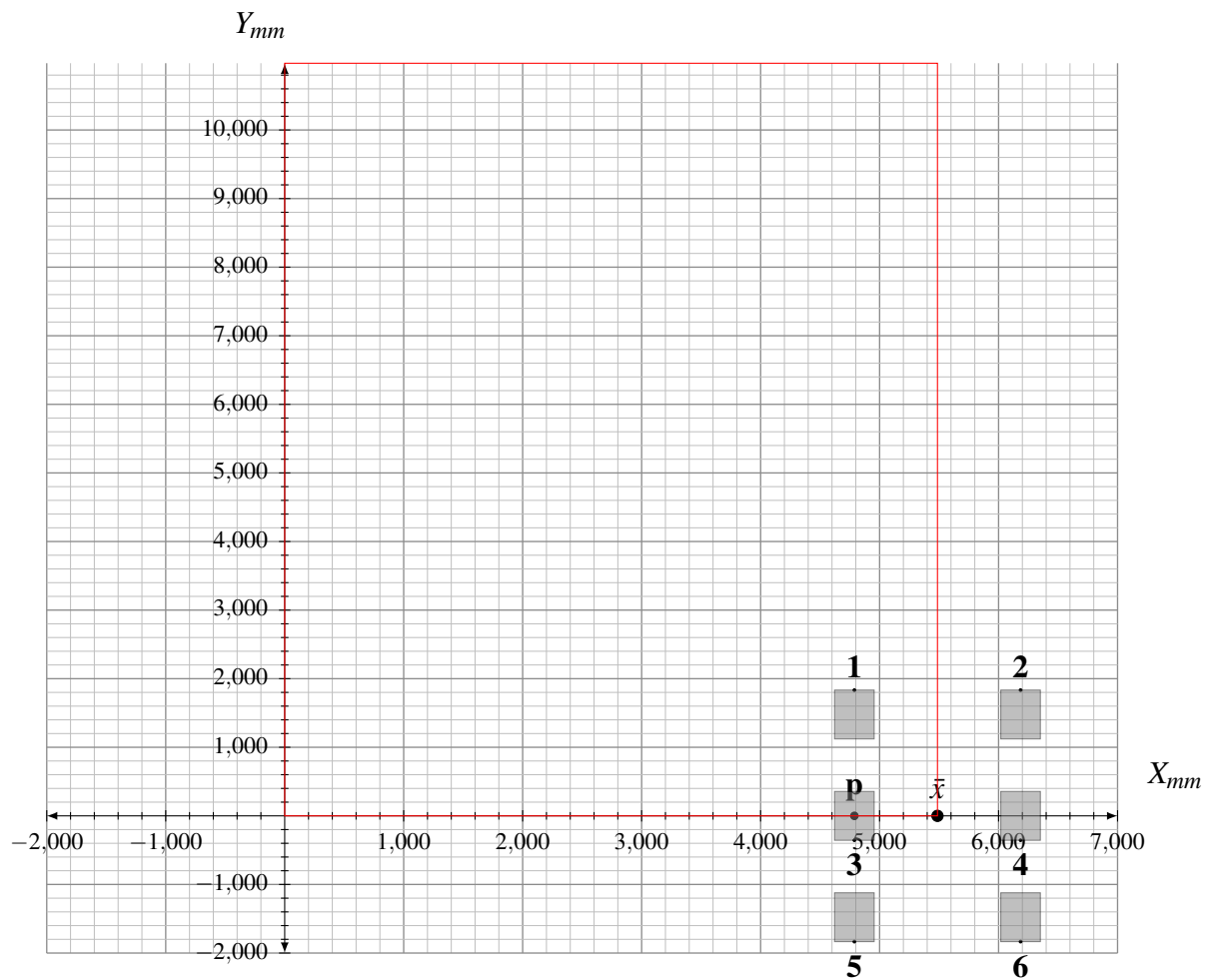


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

3.2.3.4 Simetria adotada para o Boeing 777-300 - eixo tandem triplo

O Boeing 777-300 possui dois eixos simples de rodas duplas em *tandem* triplo (um em cada asa). Foi simulada apenas uma roda completa (roda 1) e outra pela metade (roda 3), conforme mostrado na área destacada em vermelho (Figura 21). O eixo de simetria foi colocado do ponto 0,0 até ponto médio entre as rodas duplas 1 e 2, ponto 5.486,5 mm horizontal.

Figura 21 – Esquemático das condições de simetria adotadas para o Boeing 777-300



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Com as informações da geometria, das propriedades dos materiais e das cargas definidas, é possível prosseguir com a geração da malha de elementos finitos por meio do ABAQUS 2020. Para tanto, foi necessária a definição da forma da malha na etapa de otimização do modelo.

3.3 Definição das características pesquisadas e intervalos de análise

Para cada uma das características pesquisadas (parâmetros) de pavimento foi especificado um intervalo inferior e um superior para a simulação. Esses parâmetros foram especificados pela literatura e foram usados para a geração de pavimentos fictícios e cada modelo simulado conforme Equação 1.

$$m_n = m \left(l_{is} + \frac{l_{s_{is}} - l_{i_{is}}}{q_s} n \right), \quad n \in [1, q_s] \quad (1)$$

Em que:

m_n : modelo na simulação n ;

$l_{s_{is}}$: limite superior do parâmetro de pavimento;

$l_{i_{is}}$: limite inferior do parâmetro de pavimento;

q_s : quantidade de simulações.

Para cada uma das simulações das propriedades do pavimento, foi coletado um resultado de deformação no topo de cada camada: no topo do revestimento, da base e do subleito, o ponto de deformação está localizado no ponto abaixo da roda da aeronave. Por fim, foi feita a discussão sobre a comparação entre os modelos elástico-linear e o modelo de elementos finitos, verificando a aplicabilidade de ambos os métodos.

Esses pavimentos foram analisados no ponto superior do subleito abaixo do ponto de aplicação de uma das rodas e os resultados foram usados para a comparação de parâmetros de projeto. Os parâmetros analisados foram:

- (a) Módulo de elasticidade dos materiais (em Pa);
- (b) Espessura das camadas (em cm);
- (c) Coeficiente de *Poisson* dos materiais;
- (d) Pressão dos pneus (em Pa);
- (e) Variação de tipo do trem de pouso.

Um dos parâmetros de pavimento adotados foi a variação do trem de pouso, e para isso, foram testados os trens de pouso descritos anteriormente. Para as aeronaves, as características foram retiradas dos manuais da *Boeing* e do programa FAARFIELD 2.0.18. Uma premissa adotada pelo *software* é que 5% do peso da aeronave está distribuído no trem de pouso dianteiro da aeronave e 95% no trem de pouso principal. As informações das aeronaves e do

pavimento-base foram colocadas em um modelo padrão que, utilizando-se da programação orientada a objetos, foi replicado para verificar as influências nas deformações.

3.4 A programação orientada a objeto e o *software* ABAQUS

No contexto do ABAQUS, os objetos podem representar componentes da estrutura do pavimento, como camadas de materiais, elementos finitos e condições de contorno. Ao utilizar a Programação Orientada a Objetos (POO), foi possível criar uma classe para representar o pavimento, contendo os atributos e métodos comuns a todas as estruturas. A partir dessa classe-base, foram criadas classes derivadas para cada configuração específica de pavimento, variando os parâmetros em cada caso. Dessa forma, foi possível automatizar a criação dos 4.461 pavimentos necessários para a análise.

A POO também permitiu a reutilização de código e a fácil modificação de parâmetros em cada estrutura de pavimento. Com a definição de métodos na classe-base, foi possível realizar operações comuns a todos os pavimentos, como a criação da malha de elementos finitos e a definição das condições de contorno. Por meio da modificação dos atributos nas classes derivadas, foi possível variar os parâmetros do pavimento e criar diferentes configurações de pavimentos.

O código completo do trabalho foi dividido em 5 partes, dado que parte do código pode ser executado pelo Python no Windows e parte apenas pelo interpretador Python do ABAQUS 2020. Além disso, as divisões auxiliam a melhorar organização do código:

- (a) Criação dos modelos no ABAQUS 2020, esse código contém as funções para criação do pavimento crítico, calibrar malha e subleito, gerar os modelos de parâmetros de pavimentos alternativos (Apêndice A);
- (b) Processamento paralelo dos modelos gerados no ABAQUS 2020 (Apêndice B);
- (c) Coleta de características do pavimento crítico (Apêndice C);
- (d) Coleta de dados em ".csv" de processador da malha, do subleito e de deformações de pavimentos alternativos (Apêndice D);
- (e) Processamento estatístico das deformações extraídas do ABAQUS 2020 (Apêndice E).

Os módulos separados se comunicam por meio de arquivos ".json" ou ".csv" intermediários e o versionamento bem como a disponibilização pública dos arquivos em python e intermediários foram disponibilizados em um repositório github: <https://github.com/gustavopinheiro13/indicesSensibilidadePavimentoElastico>

3.4.1 Definição de objeto para a aeronave

O objeto que representará a aeronave contém as informações de carga, pontos de aplicação de carga e pontos de interesse para coleta de informações. Foi criado um material para cada uma das camadas: revestimento, base, subleito e parte das propriedades do pavimento foram calculadas. As coordenadas dos planos de referência do modelo também foram calculadas a partir das informações de entrada, conforme abaixo, extraídas a partir do código de processamento de modelos:

- (a) modelo: modelo do avião;
- (b) tipoEixo: tipo de eixo do avião (*Simples*, *tandem duplo*, *tandem triplo*);
- (c) roda1DistanciaEixoNuloX: distância da roda 1 ao eixo nulo X (em metros);
- (d) roda2DistanciaEixoNuloX: distância da roda 2 ao eixo nulo X (em metros);
- (e) roda1DistanciaEixoNuloY: distância da roda 1 ao eixo nulo Y (em metros);
- (f) roda2DistanciaEixoNuloY: distância da roda 2 ao eixo nulo Y (em metros);
- (g) larguraContatoPneu: largura da roda para contato do pneu com o pavimento (em metros);
- (h) comprimentoContatoPneu: comprimento da roda para contato do pneu com o pavimento (em metros);
- (i) mascaraCondicaoContornoFundo: máscara do programa contendo os objetos em que foi aplicada a condição de contorno de fundo (em metros);
- (j) mascaraCondicaoContornoSimetriaX: máscara do programa contendo os objetos em que foi aplicada a condição de contorno de simetria em X (em metros);
- (k) mascaraCondicaoContornoSimetriaY: máscara do programa contendo os objetos em que foi aplicada a condição de contorno de simetria em Y (em metros);
- (l) mascaraCondicaoContornoTravaY: máscara do programa contendo os objetos em que foi aplicada a condição de contorno de trava em Y;
- (m) mascaraSuperficie: máscara da superfície em que foram aplicadas as cargas do pavimento;
- (n) nosInteresse: nós de interesse para coleta de resultados de deformação no pavimento;
- (o) carga: pressão do pneu do avião no pavimento, medida em Pa. É a pressão do avião transmitida ao modelo do pavimento.

3.4.2 Definição de objeto para material

Na etapa de definição de objetos para os materiais, foram criados três materiais, um para cada camada do pavimento: revestimento, base e subleito. Esses objetos foram representados como materiais estritamente elásticos e possuem as seguintes propriedades:

- (a) nomeCamada: nome da camada do material ("revestimento", "base" ou "subleito");
- (b) nomeMaterial: nome do material usado na camada ("asfalto", "brita graduada" ou "solos argilosos");
- (c) espessuraCamada: espessura da camada do material, medida em centímetros;
- (d) moduloElasticidade: módulo de elasticidade do material, que representa sua rigidez elástica, medido em Pascals (Pa);
- (e) coeficientePoisson: coeficiente de *Poisson* do material, que representa a relação de deformação lateral para deformação axial e é um valor adimensional aceitável.

3.4.3 Definição de objeto para geração de pavimento

A função de criação de cada modelo possui informações sobre o avião simulado, cada um dos materiais usados para compor o pavimento acrescido o nome e o valor do parâmetro simulado para os pavimentos fictícios. Com as informações de entrada ela cria a seção do pavimento, atribui os materiais e define a malha de elementos finitos, inclusive criando o *job* que foi processado para a obtenção dos resultados do pavimento. Os argumentos de entrada dessa função são:

- (a) aviaoSelecionado: objeto contendo o avião usado na simulação, real ou simulado;
- (b) materialRevestimento, materialBase, materialSubleito: objetos de materiais do pavimento, foi adicionado cada um dos materiais contidos no pavimento simulado, reais ou simulados;
- (c) nomePropriedade: nome do parâmetro de pavimento variado, servirá para categorizar e separar os resultados para a análise;
- (d) valorPropriedade: valor do parâmetro analisado no modelo, usado no *input* do pavimento e alterará os parâmetros de entrada do modelo para a criação dos pavimentos alternativos.

3.4.4 Nomenclatura das simulações

O ABAQUS 2020 possui uma limitação de 38 caracteres nos nomes dos modelos e, portanto, algumas premissas foram adotadas para garantir que esse limite não seja alcançado e

mesmo assim garantindo a rastreabilidade dos parâmetros simulados no respectivo modelo. Ele foi composto pelo nome da propriedade testada e pelo respectivo valor testado, essa notação foi usada para representar os dados até o fim do trabalho. O nome da propriedade foi composto de:

- (a) "esp": quando a espessura estiver sendo testada;
- (b) "ela": quando o módulo de elasticidade estiver sendo simulado;
- (c) "poi": quando o coeficiente de *Poisson* estiver sendo testado;
- (d) "carregamento": quando o valor variado for a pressão do pneu da aeronave;
- (e) "Mesh": quando estiverem sendo realizadas as simulações de tamanho de malha.

O valor da propriedade testada:

- (a) para o teste de tamanho de malha, como foram testados 3 valores de malha em locais distintos do modelo em cada simulação o título foi representado com os três valores testados (arredondados até a quarta casa decimal) separados por hífen;
- (b) para simular o comprimento do pavimento simulado e espessura do subleito foi representado o respectivo valor testado com 4 casas decimais;
- (c) nas simulações das deformações calculadas para os modelos principais (aqueles para o cálculo do da importância da variável analisada) do trabalho também foram representados os resultados com 4 casas decimais.

As 4 casas decimais no valor da propriedade foram utilizadas para garantir a rastreabilidade no nome do modelo testado, os valores foram mantidos no Sistema Internacional de Unidades (SI). Logo, alguns valores não seriam adequadamente representados com menos casas decimais. Por exemplo, 0,005 m quando aumentado em 5% 0,00525 m que arredondado para três casas decimais voltaria a ser 0,005, o que geraria duplicidade nos nomes dos modelos. Além disso, não poderiam ser usadas mais casas decimais porque o limite no título dos modelos seria alcançado.

3.5 Pavimentos alternativos para a verificação de parâmetros de pavimento

Para cada um dos parâmetros do pavimento, foram geradas simulações de pavimentos alternativos e em cada uma dessas simulações apenas um dos parâmetros foi variado e os outros seguirão a estrutura do pavimento padrão. Os limites superior e inferior de cada parâmetro analisado foram retirados da seção 3.1, verificando os menores e maiores valores de cada um dos parâmetros de entrada do pavimento encontrados na bibliografia. Apesar de alguns valores de propriedades serem pouco usuais em pavimentos aeroportuários, como há o intuito de percorrer

todo o espectro possível das propriedades, esses valores foram mantidos.

A variação a cada nova simulação foi uniforme para todos os parâmetros e o valor em porcentagem foi escolhido de forma a obter pelo menos 30 simulações para cada parâmetro, de modo a obter uma amostra grande o suficiente para os testes estatísticos. Como a variação foi igual para todos os pavimentos a porcentagem foi escolhida a partir da menor amplitude de variação entre todos os parâmetros analisados a partir dos índices da bibliografia descritos em seção 2.6. Como a variação foi percentualmente constante, os últimos valores simulados podem não ser iguais aos da literatura, podendo ser um pouco superiores, dependendo do valor encontrado pelo aumento percentual mais próximo ao limite superior.

A estrutura de dados de deformação apresentada no apêndice é:

- (a) nomePropriedade: nome do parâmetro do pavimento analisado, o nome foi abreviado para 6 caracteres devido à limitação do número de caracteres do programa;
- (b) Modelo do avião: modelo base com os eixos simples, *tandem* duplo e *tandem* triplo;
- (c) valorPropriedade: valor do parâmetro do pavimento correspondente adotado;
- (d) Ez: deformação vertical causada em metros.

Nesse momento convencionou-se que as variações foram de 3%, caso haja algum parâmetro de entrada que com essa variação tenha amplitude menor que 30 observações esse valor foi convencionado novamente. Além disso, dado que foram feitas variações uniformes nas simulações, os limites superiores de cada variação não foram necessariamente os colocados na bibliografia, mas sim os valores mais próximos alcançados respeitando a variação uniforme percentual.

Por fim, existe uma limitação do ABAQUS 2020 quanto a convergência para as tensões e deformações nos pontos quando o material tem coeficiente de *Poisson* maior do que 0,5, o que pode conduzir a simulação numérica a não convergir para um resultado (Dassault Systèmes, 2012). Portanto, caso a variação uniforme ultrapasse esse valor o número de simulações foi reduzido em 1, de modo que o 0,5 jamais seja ultrapassado para o coeficiente de *Poisson*.

3.5.1 Espessura das camadas de pavimento

A espessura inicial adotada para a camada de revestimento foi de 7,5 cm, por ser a espessura mínima para peso bruto de aeronave menor que 27.215 kg (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2021). A espessura de revestimento de 50,8 cm foi adotada por Zhang *et al.* (2022) e para alcançá-la, foram necessárias 66 iterações com elevação de 3% a cada nova

simulação, resultando no valor de 51,22 cm.

A espessura mínima da camada de base em Brita Graduada Simples adotada pela FAA é de 7,5 cm, conforme recomendado para aeródromos com capacidade para decolar aeronaves com até 27.215 kg (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2021). Kang *et al.* (2022) adotaram 94 cm para as camadas de base e sub-base juntas, e 111,7 cm como a soma das duas camadas adotado por Donovan *et al.* (2016), estes sendo os maiores valores de espessura de base encontrado na bibliografia. A espessura simulada mais próxima foi de 113,79 cm após 93 iterações, variando a espessura em 3% a cada nova iteração.

3.5.2 Módulo de elasticidade do pavimento

Foram realizadas 149 iterações para simular a camada de revestimento do pavimento, variando o módulo de elasticidade de 517,11 MPa (cimento Portland com borracha reciclada, P-219) (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2021) até 40000,00 MPa (*Béton Compacté 6*, BC-6) conforme (NORMALISATION-AFNOR, 2019). A cada nova iteração, o módulo de elasticidade foi variado em 3%, o que resultou em 149 simulações e uma elasticidade final simulada de 41066,93 MPa.

A camada de base do pavimento foi inicialmente modelada com um módulo de elasticidade de 206,84 (TAREFDER; AHMED, 2014) e foram realizadas iterações até o valor de 35000 MPa, BC-5 (*Béton Compacté 5*) (NORMALISATION-AFNOR, 2019). Variando-se 3% a cada simulação ao final deste processo, foram realizadas 175 iterações e uma elasticidade efetiva simulada de 35425,14 MPa.

A camada de subleito foi inicialmente adotada com um módulo de elasticidade de 50 MPa (NORMALISATION-AFNOR, 2019) até 120 MPa (ABDESSEMED *et al.*, 2015). Foram realizadas 31 iterações, com variação de 3% por iteração, o que resultou em uma elasticidade efetiva simulada de 121 MPa.

3.5.3 Alteração do coeficiente de poisson

Para a variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento de 0,15 (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2021) a 0,495 (GAJEWSKI; KRÓL, 2022) em um total de 42 simulações, e um coeficiente de 0,504. Entretanto como não é desejado passar do *Poisson* de 0,5, foram executadas 41 simulações e um *Poisson* efetivo de 0,4893.

As camadas de base e subleito foram analisadas juntas, dado que os coeficientes

de *Poisson* mais críticos referem-se a materiais granulares e não a camadas específicas. Foram investigados os intervalos de 0,01 até 0,48 (ABDESSEMED *et al.*, 2015), por serem os menores valores encontrados na bibliografia para as camadas granulares, em um total de 132 simulações, entretanto o coeficiente efetivo foi de 0,4805 dada a variação uniforme durante as simulações.

3.5.4 Variação da pressão dos pneus

A simulação da influência do parâmetro de cargas no pavimento é importante para a modelagem de um pavimento aeroportuário. Esse índice é responsável por avaliar a relação entre o eixo da carga e a distribuição de tensões geradas no pavimento, considerando as características do material e as condições do pavimento.

Para obter os valores máximos e mínimos de pressão nos pneus de uma aeronave foi usada a biblioteca base do FAARFIELD 2.0.18, por meio do código-fonte foi possível conseguir a lista de aeronaves cadastradas e suas respectivas pressões nos pneus. A aeronave que representa menor pressão na biblioteca do programa é o SWL-2, um avião monomotor que causa uma pressão de 206,84kPa. Por sua vez, a aeronave que apresentou a maior carga foi o B-52 Belly, uma aeronave com 8 motores com 1827,1kPa de carga (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2020), em um total de 75 simulações.

3.6 Pavimento crítico

O pavimento crítico foi utilizado para definir o tamanho da malha e como o comprimento que marca o limite superior do retângulo de simetria. Ele consistiu em um pavimento fictício que foi submetido a cada uma das propriedades mais desfavoráveis dentre as avaliadas nesta Dissertação, resultando no bulbo de tensões máximo. Para cada uma das propriedades foi simulado o pavimento padrão com alteração apenas da propriedade analisada, esse pavimento foi útil para calibrar as áreas de influência máxima do bulbo de tensões nos pavimentos simulados. O pavimento crítico não foi utilizado para fins de análise estatística, sendo empregado apenas para a calibração do modelo por ser aquele mais suscetível as deformações dentre os pavimentos simulados.

Em todas as simulações, o pavimento crítico foi submetido à aeronave *Boeing 777-300*, que aeronave possui um eixo *tandem* triplo, e dentre as aeronaves padrão simulada é a que cria a maior pressão no pavimento (1.503,06 kPa) e nas maiores cargas aplicadas ao pavimento.

Portanto, o pavimento crítico representará as condições mais severas como cargas e distribuição de pressão, e camadas resistentes, e foram:

- (a) Menor módulo de elasticidade: resultando em maior deformação do pavimento e no maior bulbo de tensões possível. As seguintes variações foram aplicadas:
 - (i) Pavimento-base com o menor módulo de elasticidade da camada de revestimento, com valor de 517,11 MPa;
 - (ii) Pavimento-base com o menor módulo de elasticidade da camada de base, com valor de 506,84 MPa;
 - (iii) Pavimento-base com o menor módulo de elasticidade da camada de subleito, com o valor de 50 MPa.
- (b) Maior coeficiente de *Poisson*: Foram considerados os maiores coeficientes de *Poisson*, o que resultou em uma maior parcela de deformação horizontal no pavimento e maior deslocamento horizontal nas camadas. As seguintes variações foram aplicadas:
 - (i) Pavimento-base com o maior coeficiente de *Poisson* da camada de revestimento, com valor de 0,50 (0,4893);
 - (ii) Pavimento-base com o maior coeficiente de *Poisson* da camada de base, com valor de 0,48 (0,4805);
 - (iii) Pavimento-base com o maior coeficiente de *Poisson* da camada de subleito, com valor de 0,48 (0,4805).
- (c) Menor espessura de cada pavimento: Foram adotadas as menores espessuras para as camadas de revestimento e base, resultando em uma maior parcela de esforços transmitidos para o subleito. As seguintes variações foram aplicadas:
 - (i) Pavimento-base com a menor espessura da camada de revestimento, com valor de 7,5 cm.
 - (ii) Pavimento-base com a menor espessura da camada de base, com valor de 7,5 cm.

Para a simulação de pavimentos críticos foi postulada uma espessura de 10 m para a camada de subleito e, ao final dessa camada, os elementos foram representados por meio de elementos infinitos. Além disso, o comprimento do pavimento simulado também tem 10 m de extensão.

3.7 Definição da espessura do subleito

A determinação da espessura adequada do subleito em um pavimento é um aspecto importante no cálculo de deformações da estrutura. Nesta Dissertação, adotou-se uma abordagem por meio de elementos infinitos para o subleito. O objetivo foi dissipar todas as tensões geradas pelas camadas superiores, ao mesmo tempo, em que se busca minimizar o custo computacional da análise, simulando apenas uma pequena parte dessa região e interpolando o valor para infinito. A espessura de subleito foi estipulada em 12 m por Uddin *et al.* (1995), Zadehmohamad *et al.* (2022) trabalharam com 6,09 m, Kuo e Huang (2006) adotaram 2,3 m de espessura, Cho *et al.* (1996) adotaram a espessura de 1,98 m e Ali *et al.* (2009) adotaram a espessura de 1,22 m. Como não há um consenso na literatura sobre a formulação da espessura do subleito, nessa Dissertação ela foi calculada pelo método iterativo.

Uma vez que a espessura do subleito é infinita, neste estudo foram acoplados os elementos infinitos na análise ao fim do pavimento. Entretanto, o tamanho do trecho de elementos infinitos pode afetar os resultados (WANG; BRILL, 2013) e, portanto, foram feitas 25 simulações para determinar a espessura do subleito representada por elementos infinitos. As espessuras testadas foram conduzidas a partir dos 3 m e com variação de 5% a cada nova simulação, sendo adotada a menor espessura que o incremento de 5% produza uma variação menor do que 5% na deformação vertical calculada.

3.8 Definição do comprimento de pavimento simulado

A determinação do comprimento do pavimento também representa uma etapa importante deste estudo, pois o número de elementos finitos necessário está diretamente relacionado à espessura das camadas. Quanto mais espessa a seção do pavimento, maior foi o número de elementos finitos requeridos para os cálculos, resultando, por consequência, em um aumento no tempo de cada simulação.

O comprimento do pavimento foi avaliado considerando o pavimento crítico. Essa camada não foi considerada infinita, pois não seria uma condição realista, visto que edificações laterais podem afetar a deformação lateral do pavimento a uma distância pequena se comparado ao comprimento do subleito. Além disso, o ABAQUS 2020 teve dificuldade de convergência de deformações ao usar duas regiões infinitas com uma aresta comum (subleito e comprimento). Alguns exemplos de comprimentos adotados para subleito adotados pela literatura foram 6,1

m, 7,6 m, 9,1 m (BRILL; PARSONS, 2001), 5 m (BUONSANTI *et al.*, 2012), também 9,1 m (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2007), 7,5 m (LING *et al.*, 2019) e 5,0 m (LEONARDI, 2014). Nessa etapa já foi utilizada a espessura de subleito já definida e também foram conduzidas 25 simulações, iniciando com um valor 3 m e incrementando 5% a cada simulação subsequente.

A espessura final foi selecionada de modo que a variação percentual adotada não resulte em uma diferença superior a 5% na deformação horizontal calculada. Uma similaridade de deformação de 95% foi considerada adequada para esta Dissertação, alinhada à confiança estatística desejada de 95%. Ademais, a espessura escolhida deve ser suficiente para dissipar todas as deformações antes de atingir o limite lateral do pavimento simulado. Esse procedimento de definição da espessura do subleito visa encontrar um valor que satisfaça os requisitos de desempenho do pavimento, considerando tanto a eficiência computacional quanto a estabilidade estrutural.

3.9 Otimização da malha de elementos finitos

A otimização da malha é um processo importante na simulação numérica por elementos finitos, pois permite reduzir o tamanho da malha sem comprometer a precisão dos resultados. Uma malha otimizada pode ser criada de várias maneiras, utilizando critérios de qualidade de elemento, ajustando a densidade de elementos em regiões críticas, refinando localmente a malha em áreas com maior variação de resultados ou aplicando técnicas de geração automática de malha. A otimização da malha pode trazer benefícios como a redução do tempo de processamento da simulação, a melhoria da precisão dos resultados e a simplificação da geometria modelada. Além disso, uma malha otimizada pode facilitar a análise e a interpretação dos resultados.

As etapas envolvidas na realização de um estudo de convergência de malha foram as seguintes:

- (a) Escolher um tamanho de malha fino em todas as camadas;
- (b) Executar a análise e registrar os resultados, armazenando-os como valor correto da análise;
- (c) Aumentar o tamanho dos elementos da malha;
- (d) Executar a análise novamente e registrar os resultados, medindo a variação em relação ao com a malha mais fina;
- (e) Repetir os resultados até convergirem na tolerância aceitável;

Nesta Dissertação, devido ao grande número de modelos gerados não foi possível usar o módulo de *remesh* do ABAQUS 2020, visto que cada modelo apresentou um tempo

considerável na etapa de recriação da malha. Portanto, foi adotado o processo manual e interativo com uma tolerância de 5% foi a adotada como o limite para a etapa de otimização, garantindo uma similaridade de 95% com a malha com o maior número de elementos finitos.

O pavimento-base para a otimização de malha foi modelado usando o *Boeing 777-300*, por esta ser a aeronave padrão com mais rodas e maior carga dentre os analisados. Portanto, sendo a aeronave com mais pontos de aplicação de carga que a malha de elementos finitos deve se moldar para representar.

Foram testadas todas as combinações possíveis dos valores de malha conforme a proximidade da aplicação da carga. Tais valores foram divididos em três tamanhos, a saber:

- (a) Tamanho 1: aplicado para elementos distantes do ponto de aplicação da carga até a espessura da camada de revestimento;
- (b) Tamanho 2: aplicado para elementos entre os elementos compreendidos no Tamanho 1 e da espessura de revestimento adicionada a espessura da camada de base;
- (c) Tamanho 3: aplicado para elementos entre os elementos fora do intervalo dos tamanhos 1 e 2;

Esses elementos são postulados em ordem crescente de tamanho de elemento. Entretanto, o intervalo de testes de tamanho da camada de revestimento, base e subleito se sobrepõem e somente foram analisados os modelos nos quais $T_{malha_{tamanho1}} < T_{malha_{tamanho2}} < T_{malha_{tamanho3}}$, resultando em um total de 1728 simulações, em que os valores de foram representados no Apêndice F com a notação:

- (a) nomePropriedade; Texto fixo "*Mesh*" + tamanho1 + tamanho2 + tamanho3;
- (b) Ez: deformação vertical no ponto em metros;
- (c) variação percentual Pavimento 0: cálculo de variação percentual da deformação em relação ao pavimento com a malha com o menor elemento;

As espessuras de elementos (em metros) testados foram:

- (a) Lista de espessuras de tamanho 1: 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,30, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5, 0,55, 0,6;
- (b) Lista de espessuras de tamanho 2: 0,1, 0,2, 0,30, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1, 1,1, 1,2;
- (c) Lista de espessuras de tamanho 3: 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25, 1,5, 1,75, 2,0, 2,25, 2,5, 2,75, 3,0.

Em seguida, convém definir as cargas aplicadas na estrutura. No caso dos pavimentos aeroportuários, é necessário considerar o PMD, bem como a sua distribuição pelas rodas, como:

quantidade de pneus, afastamento entre esses pneus, área de aplicação da carga e pressão aplicada pelos pneus da aeronave. A definição da malha de elementos finitos conta com as definições de espessura e comprimento do pavimento, definidos nas seções 3.7 e 3.8 respectivamente.

3.10 Análise estatística das deformações

Realizou-se um teste estatístico para analisar a variação percentual das deformações em diferentes modelos das aeronaves e com diferentes parâmetros de pavimento. O objetivo principal desse teste foi identificar diferenças significativas nas deformações entre os parâmetros para cada modelo. Foi escolhido o teste de *bootstrap* para a análise de dados, e sua escolha deveu-se à sua resistência à presença de *outliers* e sua capacidade de prever comportamentos em situações em que não se pode garantir normalidade da amostra, como o caso desta Dissertação.

É relevante notar que as deformações calculadas pelo método dos elementos finitos baseiam-se na malha de elementos finitos, que é definida aleatoriamente. Apesar dos esforços para calibrar uma malha precisa, algumas simulações podem conter deformações na malha inicial que não refletem a realidade e podem ser consideradas *outliers*. Embora o método de *bootstrap* tenha capacidade para lidar com esses valores atípicos, durante a análise descritiva, pode ser pertinente remover esses valores e produzir um gráfico separado das deformações para avaliar comportamentos relacionados à variação de alguma propriedade do pavimento. Essa estratégia permitiu uma compreensão mais clara dos padrões de deformação em relação às variações das propriedades do pavimento. Entretanto, para as análises estatística e conclusões não foram retirados os *outliers*.

O teste de *bootstrap* foi aplicado para comparar estatisticamente as diferenças de medidas entre os grupos. Esse teste consiste na reamostragem dos valores da amostra informada, permitindo realizar testes de amostras para cada par de variáveis, a média então para cada reamostragem foi aferida.

O teste de *Welch* em seguida foi aplicado na amostra de média dos valores reportados do *bootstrap* para comparar duas propriedades dos pavimentos para todos os grupos de propriedades aqui estudados. Todos os testes consideraram a hipótese nula de igualdade na média de variação de deformação entre os parâmetros de pavimento, enquanto a hipótese alternativa foi formulada para indicar que uma das médias poderia ser maior que a outra e foram realizados por meio de intervalo de confiança da distribuição unicaudal do teste *t* caso o valor da estatística ficasse abaixo do valor inferior de *Welch* haverá evidências para rejeitar a hipótese nula. Além

disso, para utilização de Welch, usou-se um teste não pareado, e sem considerar variâncias iguais entre as amostras

É importante destacar que os testes foram realizados com um nível de confiança de 95%. Esse nível de confiança estabelece que se os resultados do teste rejeitarem a hipótese nula, a probabilidade de cometer um erro do tipo I (rejeitar erroneamente a hipótese nula quando ela é verdadeira) é de 5%. Em outras palavras, a diferença observada nos dados é considerada estatisticamente significativa, se verdadeira na população, com uma probabilidade de 95%. Além disso, para cada teste de *bootstrap* realizado, foram utilizadas 100 mil reamostragens para garantir precisão nos testes e minimizar a influência de *outliers* na análise. Por fim, os dados foram ordenados da maior diferença de médias para a menor entre os parâmetros de pavimento, permitindo identificar os índices mais significativos para o cálculo de deformações no pavimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, estão apresentados os resultados consoantes ao modelo de elementos finitos para o modelo de pista de pouso e decolagem existente. Em seguida, serão apresentados os pavimentos utilizados para a simulação dos parâmetros de pavimento, bem como a discussão sobre os resultados obtidos.

4.1 Determinação do pavimento crítico

O pavimento-base foi simulado com cada um dos parâmetros de pavimento mais críticos, verificando a maior deformação aferida na projeção do ponto central da roda na camada de subleito. Os resultados estão dispostos na Tabela 11.

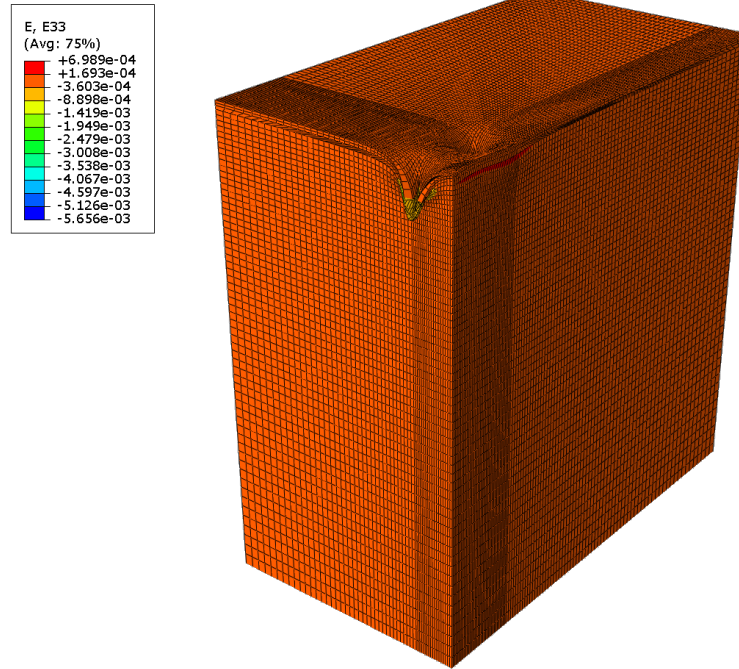
Tabela 11 – Calibração pavimento crítico

Parâmetro de pavimento	Valor de Propriedade	Ex	Ey	Ez
PCPoiBas	0,4805	0,00036759	0,001096707	-0,001667765
PCElasSub	50000000 Pa	0,000359976	0,000612798	-0,002100733
PCPoiRev	0,4893	0,00030931	0,000753371	-0,002246561
PCPoiSub	0,4805	0,000312847	0,000721335	-0,002256477
PCElasRev	517110000 Pa	0,000238192	0,001070222	-0,002613862
PCElasBas	206840000 Pa	0,000369916	0,0008378	-0,002652434
PCEspRev	0,075 m	0,000529766	0,001064841	-0,002947323
PCEspBase	0,075 m	0,000337113	0,001666408	-0,003764148

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Em que Ex, Ey e Ez representam as deformações nas direções x, y e z, respectivamente. Além das deformações obtidas, também é importante verificar a malha para determinar suas inconsistências. A malha do pavimento crítico mostrou-se com precisão adequada, sem transições bruscas ou anomalias de deformações visuais, bem como possui um bulbo de tensões bem definido (Figura 22).

Figura 22 – Pavimento crítico analisado



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Constata-se, pela Tabela 11, que o pavimento crítico, aquele com a maior deformação vertical, foi o que representou a variação de espessura de base igual a 7,5cm. Essa configuração resultou na estrutura apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 – Composição do pavimento crítico

Camada	Espessura (cm)	Coef. de <i>Poisson</i>	Módulo de elasticidade (MPa)
Camada Asfáltica	30,00	0,30	1.500,00
BGS	7,50	0,35	250,00
Subleito (CBR > 20%)	indefinido	0,40	200,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.2 Calibração da espessura do subleito

Foram obtidos os valores de deformação vertical (E_z) para diferentes espessuras do subleito. As simulações começaram a partir de 3 metros, variando 5% a cada nova iteração. O objetivo foi selecionar uma espessura que apresentasse uma variação de deformação dentro de uma margem aceitável de até 5%.

Os resultados obtidos para os parâmetros de pavimento e as respectivas deformações verticais estão apresentados na Tabela 12. A espessura de 3,15 m para o subleito (a primeira variação) mostrou uma variação percentual menor que 5% (0,002%), podendo ser adotada, sendo importante verificar apenas o comportamento da malha para identificar possíveis anomalias. A

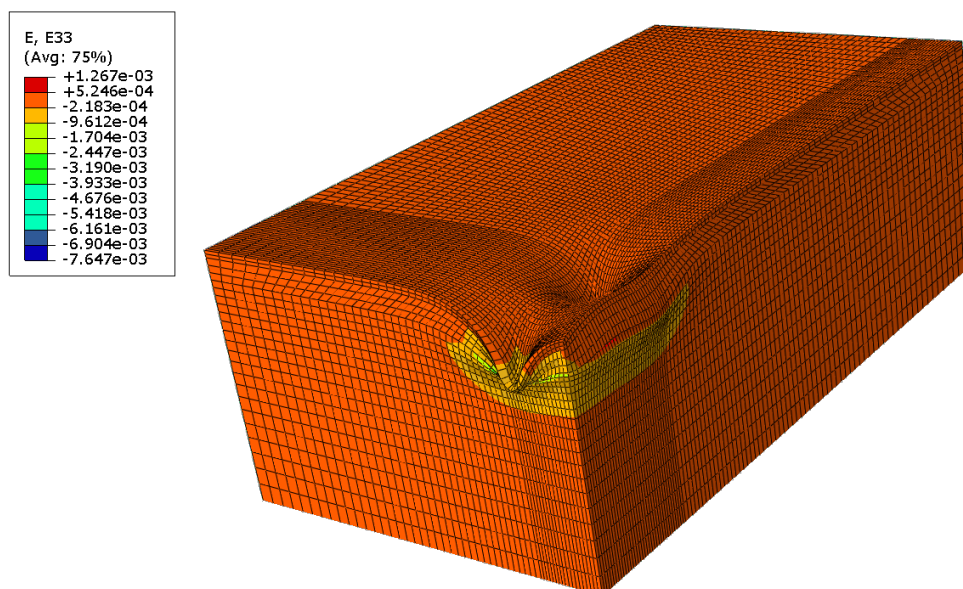
Figura 23 exibe a malha do pavimento com a espessura adotada, não demonstrando deformações de malha e confirmando a aceitação da espessura do subleito estipulada.

Tabela 12 – Dados de calibração de espessura do subleito

Espessura (m)	E_z	Diferença Percentual
3	-0,002100178	-
3,15	-0,002100228	0,002%
3,3075	-0,002100268	0,002%
3,4729	-0,002100301	0,002%
3,6465	-0,002100326	0,001%
3,8288	-0,002100352	0,001%
4,0203	-0,002100372	0,001%
4,2213	-0,002100439	0,003%
4,4324	-0,002100453	0,001%
4,654	-0,002100461	0,000%
4,8867	-0,002100509	0,002%
5,131	-0,002100511	0,000%
5,3876	-0,002100548	0,002%
5,6569	-0,002100547	0,000%
5,9398	-0,002100574	0,001%
6,2368	-0,002100597	0,001%
6,5486	-0,002100616	0,001%
6,8761	-0,002100626	0,001%
7,2199	-0,002100639	0,001%
7,5809	-0,002100655	0,001%
7,9599	-0,002100674	0,001%
8,3579	-0,002100682	0,000%
8,7758	-0,002100698	0,001%
9,2146	-0,002100703	0,000%
9,6753	-0,002100717	0,001%

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 23 – Calibração da espessura do subleito



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Por fim, o modelo final de pavimento-base com o subleito ficou definido conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Composição do pavimento-base com subleito definido

Camada	Espessura (cm)	Coef. de <i>Poisson</i>	Módulo de elasticidade (MPa)
Camada Asfáltica	30,00	0,30	1500,00
BGS	40,00	0,35	250,00
Subleito (CBR> 20%)	315	0,40	50

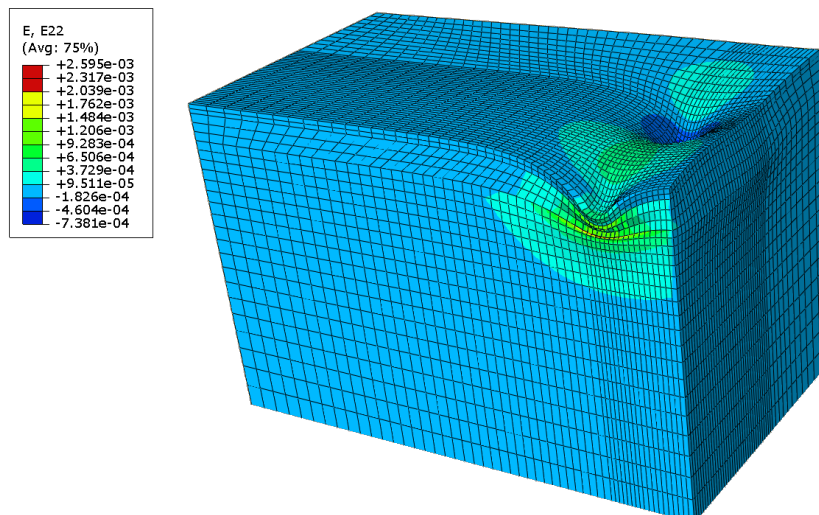
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3 Ajuste do comprimento do pavimento

Nesta etapa da simulação, foram obtidos os valores de deformação horizontal (E_y) em relação ao eixo Y (comprimento do pavimento) para diferentes espessuras do subleito. Os resultados da calibração do comprimento do pavimento estão apresentados na Tabela 13. Com base nesses dados, identificou-se que o comprimento de 3,15 m para o pavimento (a primeira variação) atendeu ao critério de variação percentual inferior a 5% (-0,002%) sendo, portanto, adotada.

Além da verificação da variação percentual, para o comprimento do pavimento, é fundamental confirmar se as deformações no eixo do comprimento do pavimento (eixo y) são dissipadas antes do fim do comprimento total. Conforme ilustrado na Figura 24, a camada de 3,15 m consegue dissipar as tensões no eixo Y do pavimento crítico antes do fim do trecho simulado.

Figura 24 – Deformação E_y do subleito conforme espessura adotada



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

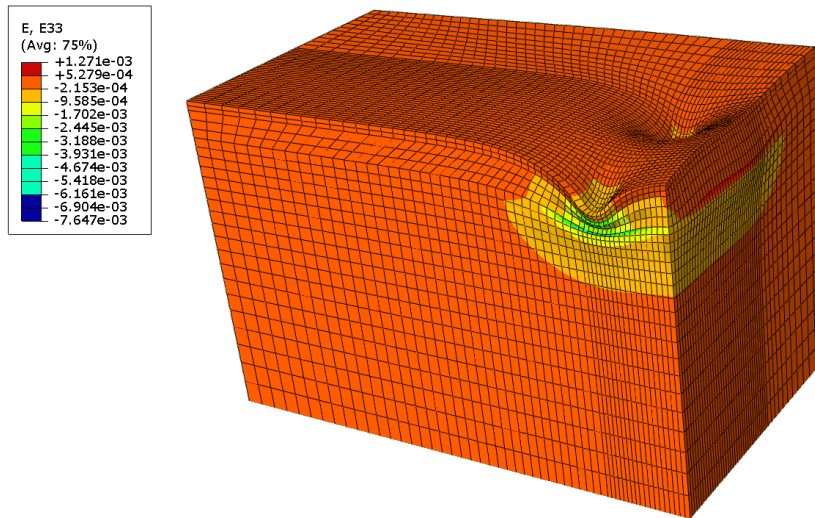
Tabela 13 – Dados de calibração de espessura do subleito

Espessura (m)	E_y	Diferença Percentual
3	0,000612954	-
3,15	0,00061263	-0,053%
3,3075	0,000612615	-0,002%
3,4729	0,000612604	-0,002%
3,6465	0,000612594	-0,002%
3,8288	0,000612587	-0,001%
4,0203	0,000612581	-0,001%
4,2213	0,000612577	-0,001%
4,4324	0,000612314	-0,043%
4,654	0,000612569	0,042%
4,8867	0,000612567	0,000%
5,131	0,000612565	0,000%
5,3876	0,000612564	0,000%
5,6569	0,000612562	0,000%
5,9398	0,000612562	0,000%
6,2368	0,000612561	0,000%
6,5486	0,00061256	0,000%
6,8761	0,00061256	0,000%
7,2199	0,00061256	0,000%
7,5809	0,000612559	0,000%
7,9599	0,000612559	0,000%
8,3579	0,000612559	0,000%
8,7758	0,000612559	0,000%
9,2146	0,000612559	0,000%
9,6753	0,000612559	0,000%

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Validado o atendimento da precisão do comprimento e a verificação da dissipação das deformações no eixo y, como verificação adicional, verificou-se a malha de deformações no eixo Z da estrutura. Conforme Figura 25, a malha não apresenta desvios inesperados e exibe um bulbo de tensões bem definido, confirmando a viabilidade da adoção do valor de 3,15 m para o comprimento do pavimento simulado.

Figura 25 – Deformação EZ do subleito conforme espessura adotada



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

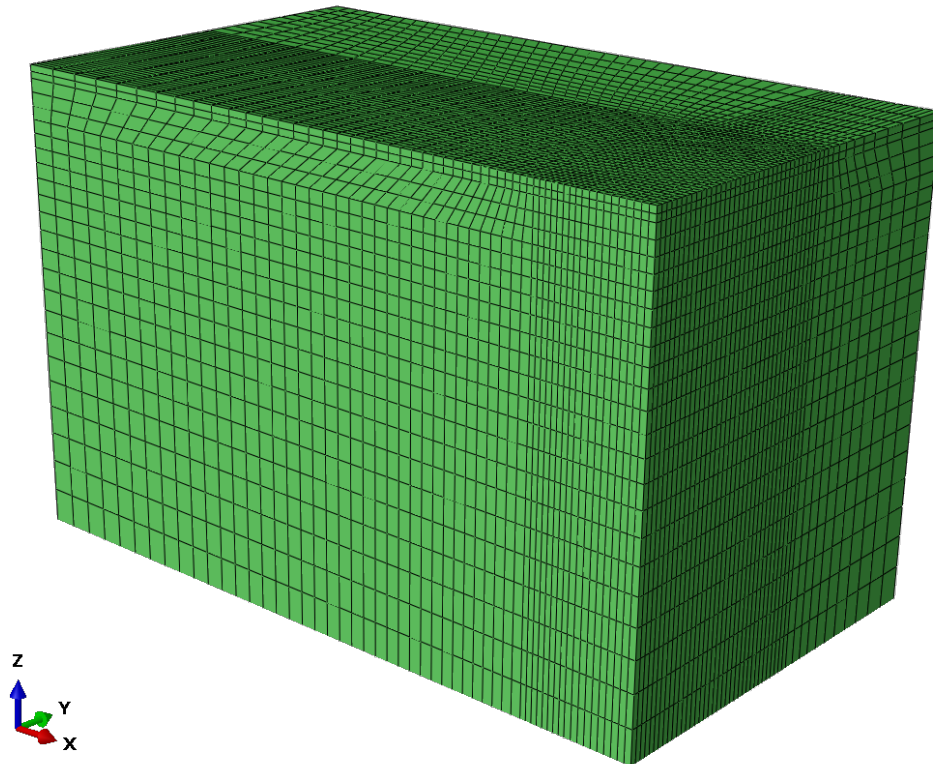
4.4 Malha de elementos finitos adotada

O tamanho da malha de elementos finitos adotado foi derivado das simulações descritas na seção de otimização de malha (seção 3.9), variando do menor até o maior tamanho de malha para cada trecho. A análise com o maior número de elementos, usado como referência, está representada na Figura 26 (com 67.200 elementos) e a malha deformada representada em Figura 27.

Por sua vez, as simulações para otimização foram divididas em três tamanhos investigados isoladamente:

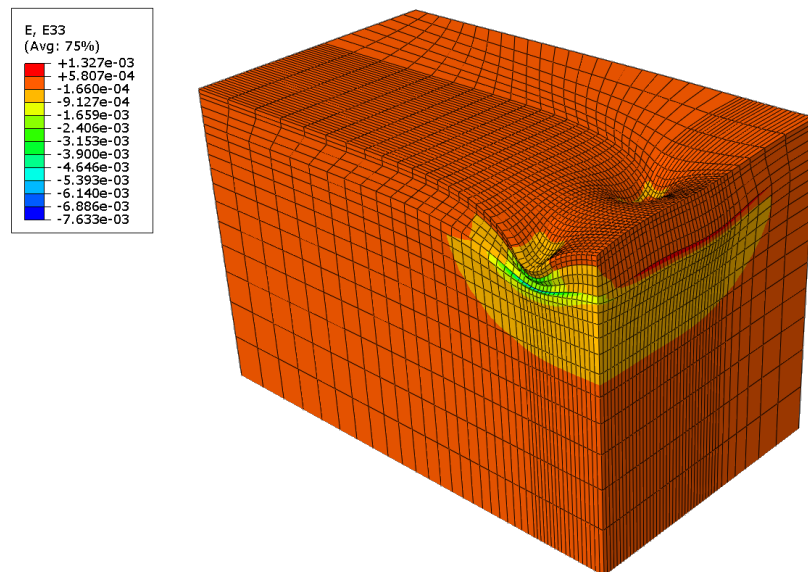
- (a) Tamanho 1: 0,05m até 0,6m.
- (b) Tamanho 2: 0,1m até 1,2m.
- (c) Tamanho 3: 0,25m até 3,0m.

Figura 26 – Malha indeformada de elementos finitos com o maior número de elementos -0.05 m-0.1 m-0.25 m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 27 – Modelo deformado com o maior número de elementos finitos



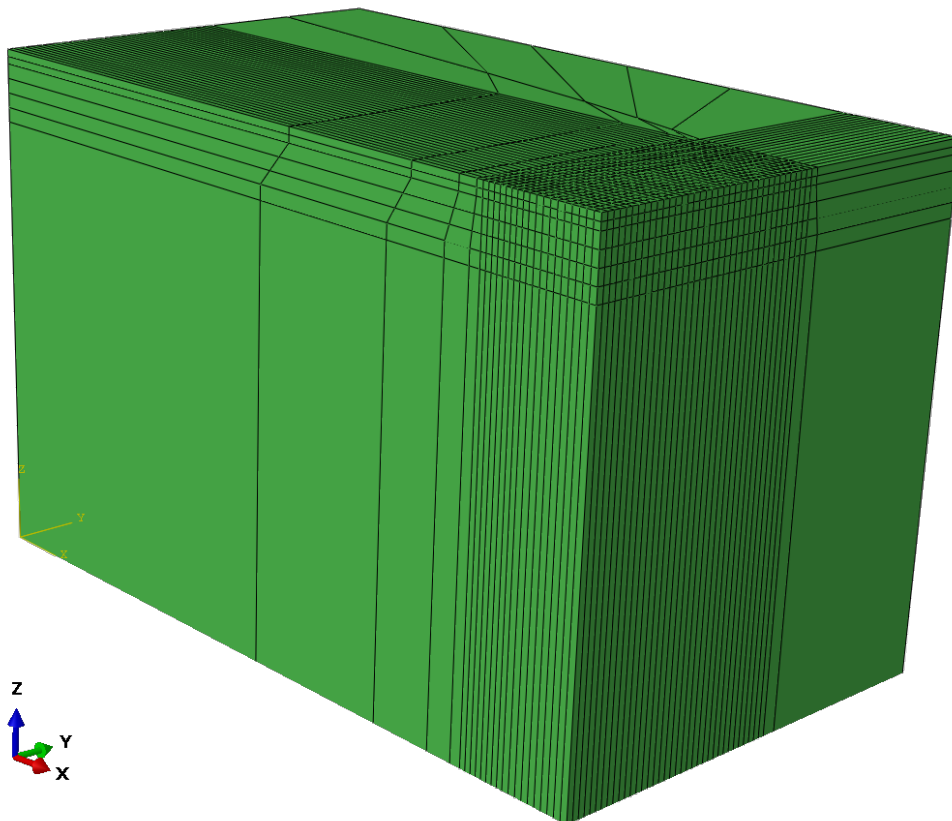
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Conforme os resultados expostos no Apêndice F, as primeiras 12 simulações, cor-

respondentes ao maior número de elementos, apresentaram variações menores que 1,5% em relação ao modelo com o maior número de elementos, fatores comuns a essas amostras eram: aresta de 0,05 m para o tamanho 1 e 0,10 m para o tamanho 2. Contudo, ao aumentar o tamanho dos elementos 1 ou 2, a diferença em relação ao modelo com o maior número de elementos aumentou, ultrapassando 35%.

Visto que a camada de elementos infinitos interpola as deformações da camada de subleito, as camadas com elementos finitos devem ser precisas o suficiente para garantir a precisão dos valores interpolados. Portanto, a malha que deveria ser adotada visando o melhor desempenho computacional seria a de 0,05, 0,1 e 3,0 m (7.488 elementos) respectivamente para tamanhos 1, 2 e 3 (Figura 28). Entretanto, como análise complementar, verificou-se o comportamento da malha indeformada e deformada (Figura 29).

Figura 28 – Malha indeformada de elementos finitos não adotada - 0.05m-0.1m-3.0m



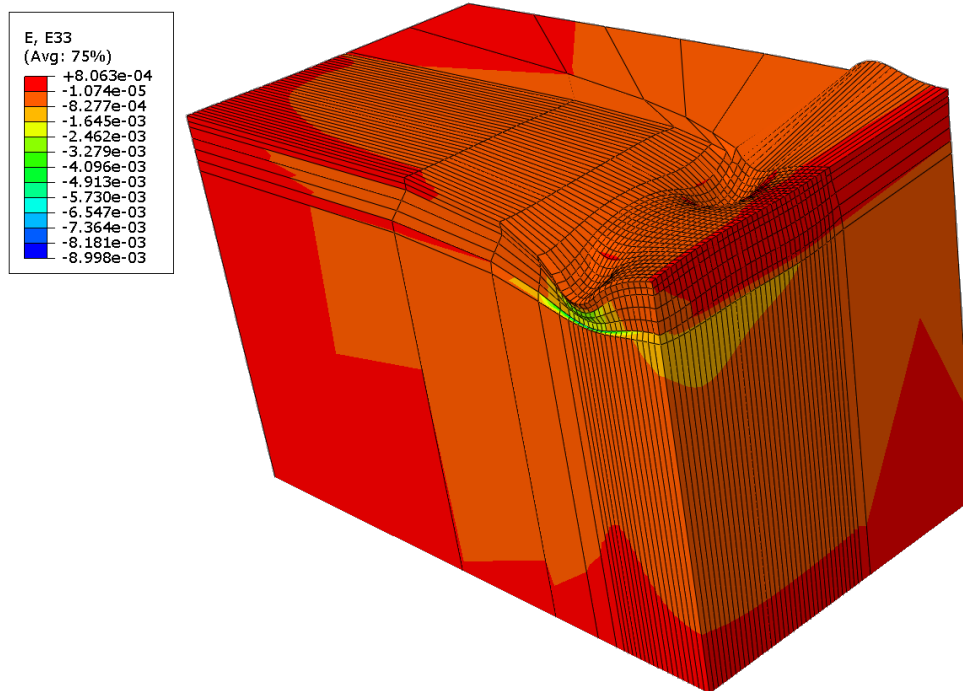
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Embora a deformação no topo do subleito tenha tido uma variação pequena em comparação com a simulação com o maior número de elementos, a discretização da camada de subleito em apenas uma fatia poderia resultar em distorções nas deformações da malha e na

presença de um grande número de *outliers* na coleta de dados. Analisando a malha indeformada e deformada (conforme Figura 28 e Figura 29, respectivamente), observou-se uma mudança de comportamento em comparação ao modelo com o maior número de elementos.

O trecho em amarelo ficou reduzido na vista frontal e as deformações que antes alcançaram seu menor valor próximos a 1,5 m (com o maior número de elementos) agora passaram ao menor valor simulado apenas próximas aos 3 m. Além disso, o bulbo de tensões também aumentou em largura quando comparado com o modelo com o maior número de elementos. Por fim, há uma deformação vertical positiva no limite do comprimento do pavimento, situação que não acontece com a malha que contém o maior número de elementos finitos.

Figura 29 – Malha de elementos finitos não adotada



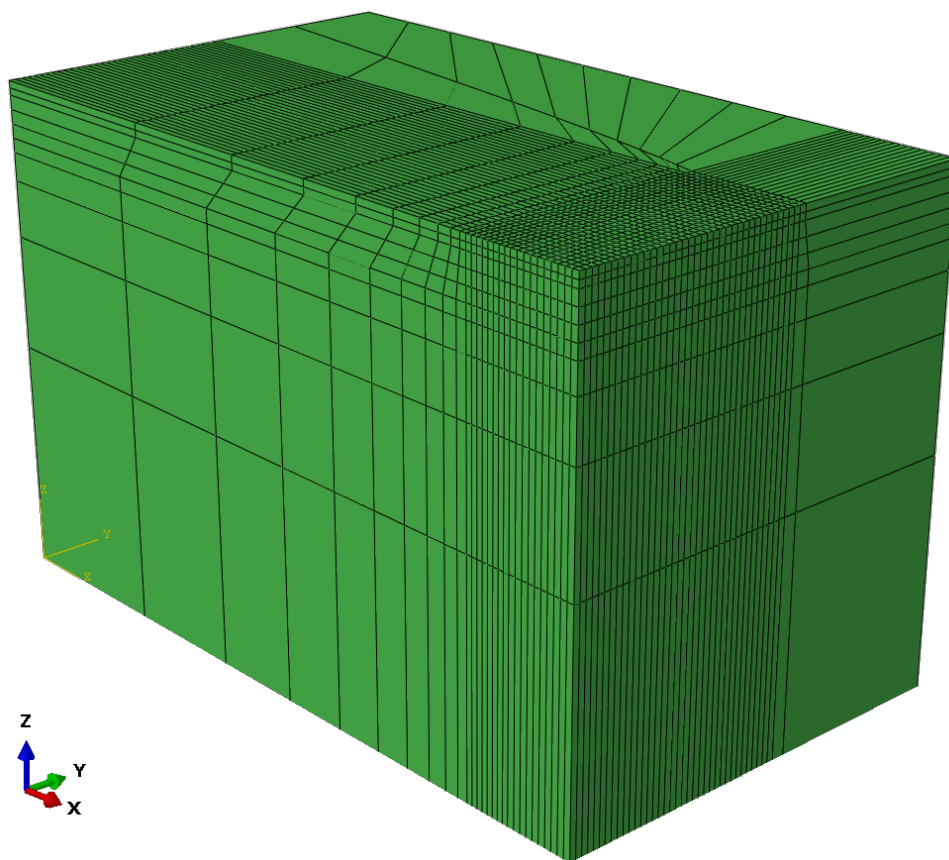
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Decidiu-se, portanto, não adotar a malha de 3,0m de subleito, optando por investigar a malha de 1,5m de subleito (com 12.441 elementos) (Figura 30). Essa apresentou uma discrepância de -0,419% em relação à deformação da malha com mais elementos, e a divisão a cada 1,5m seria menos imprecisa do que a divisão com 3m.

Além disso, essa malha representou melhor os bulbos de tensões, assemelhando-se mais à malha com o maior número de elementos (Figura 31), cabendo apenas verificar como esse modelo se comportaria na presença de *outliers*.

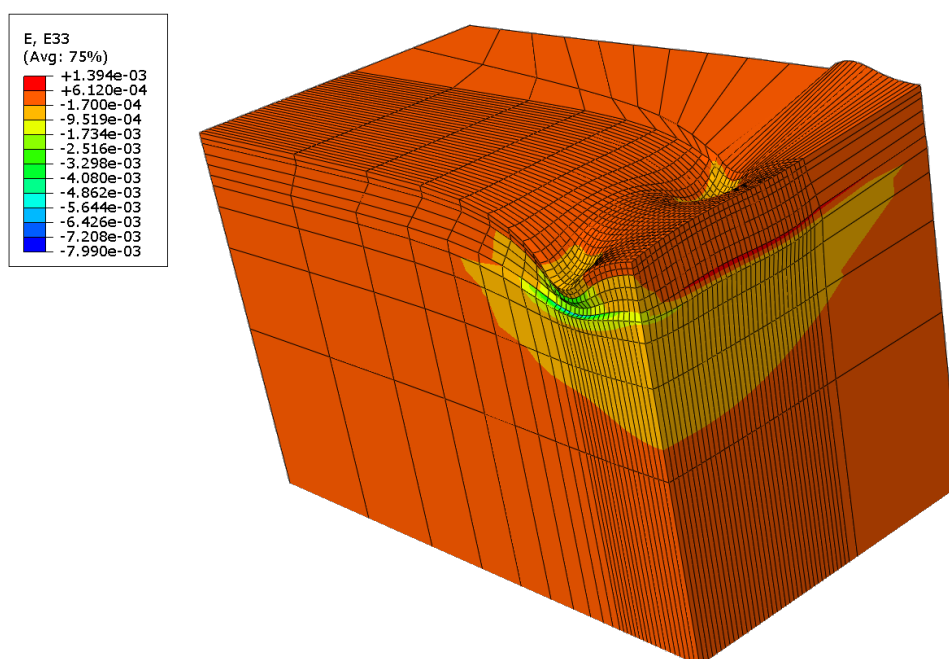
Para a análise dos comportamentos dos *outliers*, foram gerados gráficos e descritas as

Figura 30 – Malha indeformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-1.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

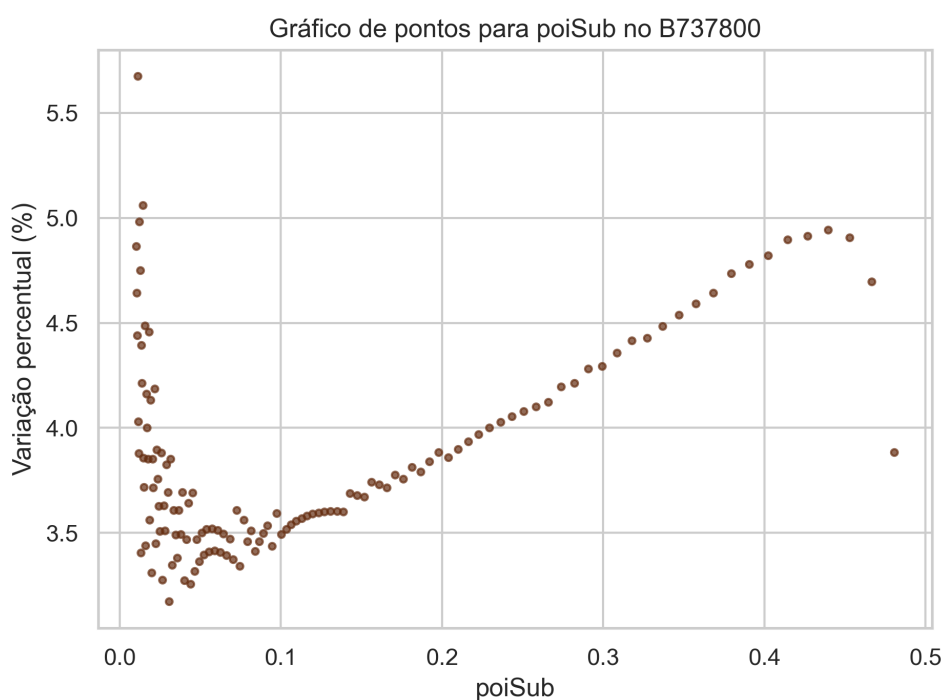
Figura 31 – Malha de elementos finitos deformados - 0.05m-0.1m-1.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

variáveis para investigar comportamentos inesperados em relação às variações nas propriedades. Ao examinar, por exemplo, a variação de deformação no subleito variando o índice de *Poisson* para o *Boeing 737-800* - Eixo simples (Figura 32), constatou-se uma falta de consistência nos padrões de deformação. A análise detalhada revelou um comportamento crescente dado ao considerar intervalos entre o índice mínimo e 0,1. Entretanto, foram observados padrões de parábola com coeficiente negativo. Esses padrões inconsistentes foram identificados em várias partes da mesma figura e são provenientes de *outliers* causados pela malha com elementos de tamanho elevado.

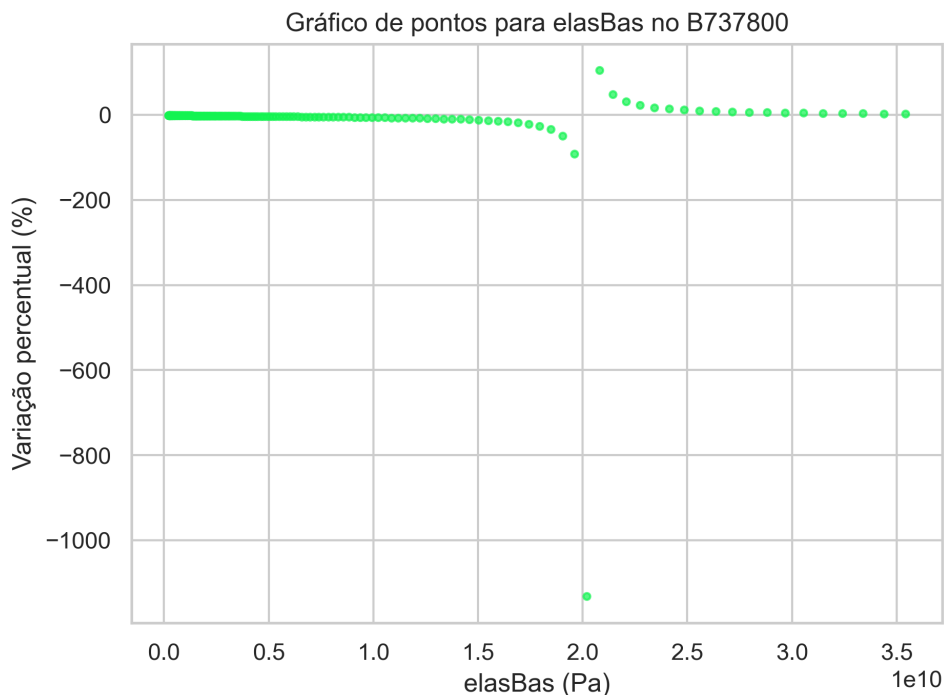
Figura 32 – Variação de deformação com coeficiente de *Poisson* do subleito, *Boeing 737-800* - *Mesh* 0.05m-0.1m-1.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Como outro exemplo, ao analisar o gráfico que demonstra a variação da deformação em relação ao aumento do módulo de elasticidade de base para a aeronave *Boeing 737-800* - Eixo simples (Figura 33), observou-se um comportamento descontínuo da função representada pelos pontos de deformação ao atingir valores próximos a 20.000 MPa. Nesse ponto, a função de deformação registrou uma redução abrupta, atingindo valores inferiores a -1000% entre duas simulações consecutivas, seguida por um aumento acima de 100%. Não foi identificada uma justificativa para essa descontinuidade.

Figura 33 – Variação de deformação com módulo de elasticidade da base, Boeing 737-800 - Mesh 0.05m-0.1m-1.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

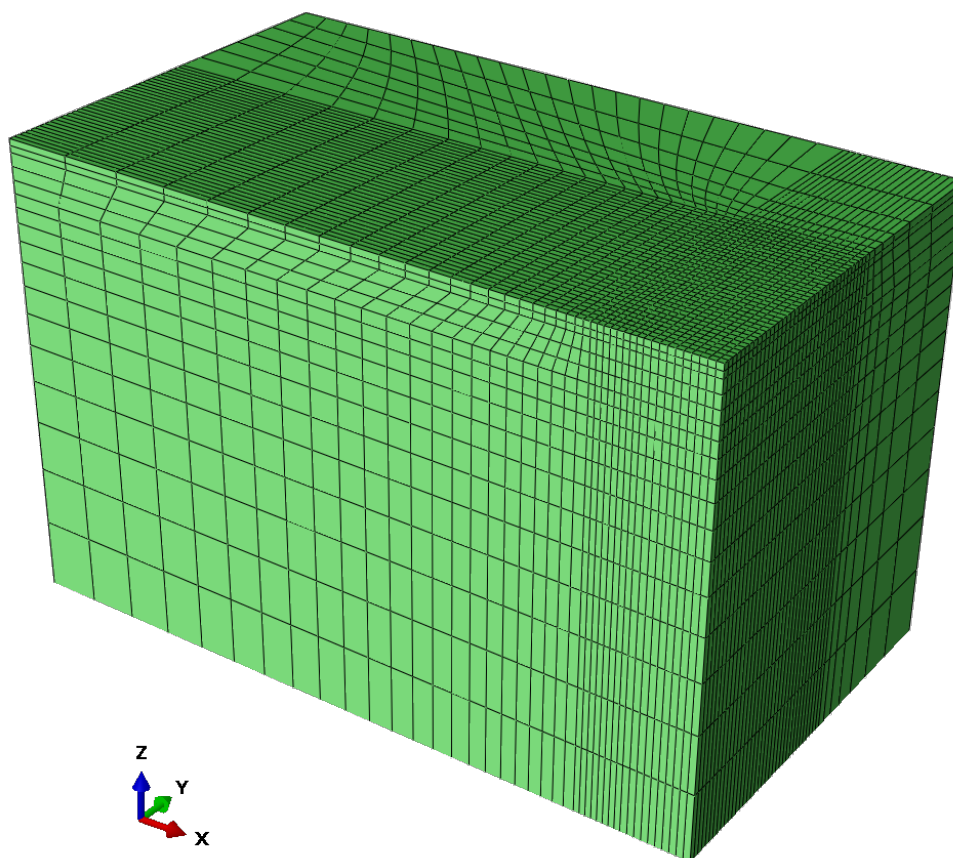
Decidiu-se, então, reduzir o tamanho da malha do subleito para 0,5 m (*Mesh* 0.05m-0.1m-0.5m), resultando em um número de elementos total de 33.264 (Figura 34). Essa alteração visa a redução da quantidade de *outliers*. Apesar de o método do *bootstrap* ser resistente a *outliers*, optou-se por priorizar a diminuição desses valores discrepantes, mesmo que isso implique em um maior consumo de recursos computacionais. Essa escolha foi motivada pela tendência de aumento na precisão do modelo à medida que o número de elementos é ampliado, o pavimento ao todo foi dividido em 33264 elementos.

O comportamento deformado se aproximou mais da malha com o maior número de elementos finitos. No modelo deformado, não foram observadas deformações que difiram do esperado (Figura 35).

Assim como descrito no capítulo de metodologia, embora não seja possível descartar a presença de *outliers* no estudo, o tamanho da malha foi escolhido para minimizá-los. Nas análises finais, os *outliers* não serão removidos. No entanto, durante a etapa de análise descritiva, caso os *outliers* dificultem a visualização do comportamento dos gráficos, serão gerados novos gráficos sem eles e, em seguida, foi apresentada uma tabela contendo os valores removidos.

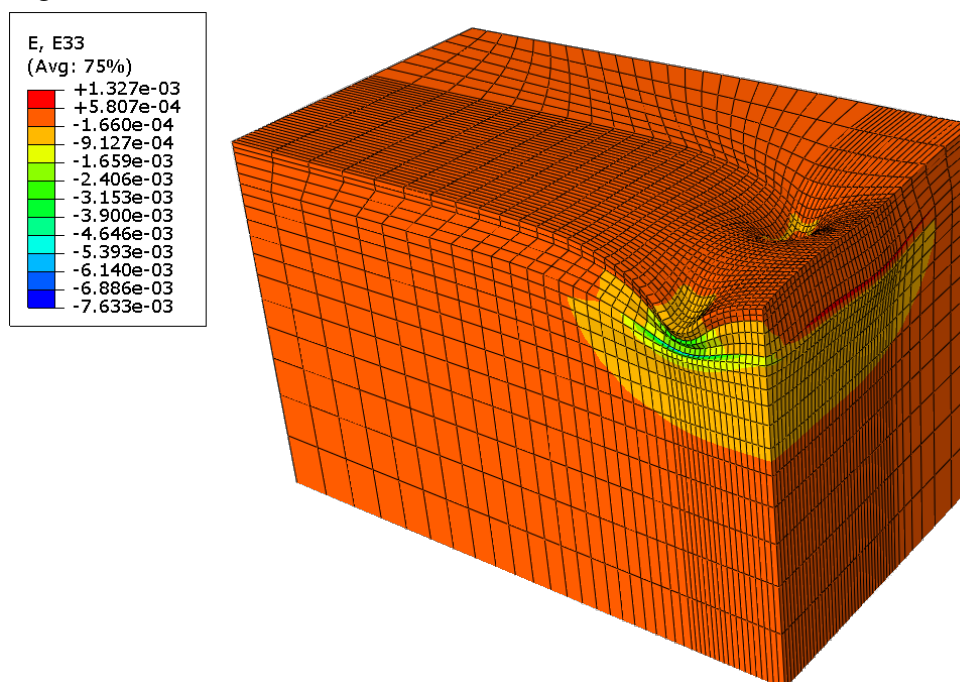
Um exemplo de *outlier* devido à problema de convergência é o valor de espessura

Figura 34 – Malha indeformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-0.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

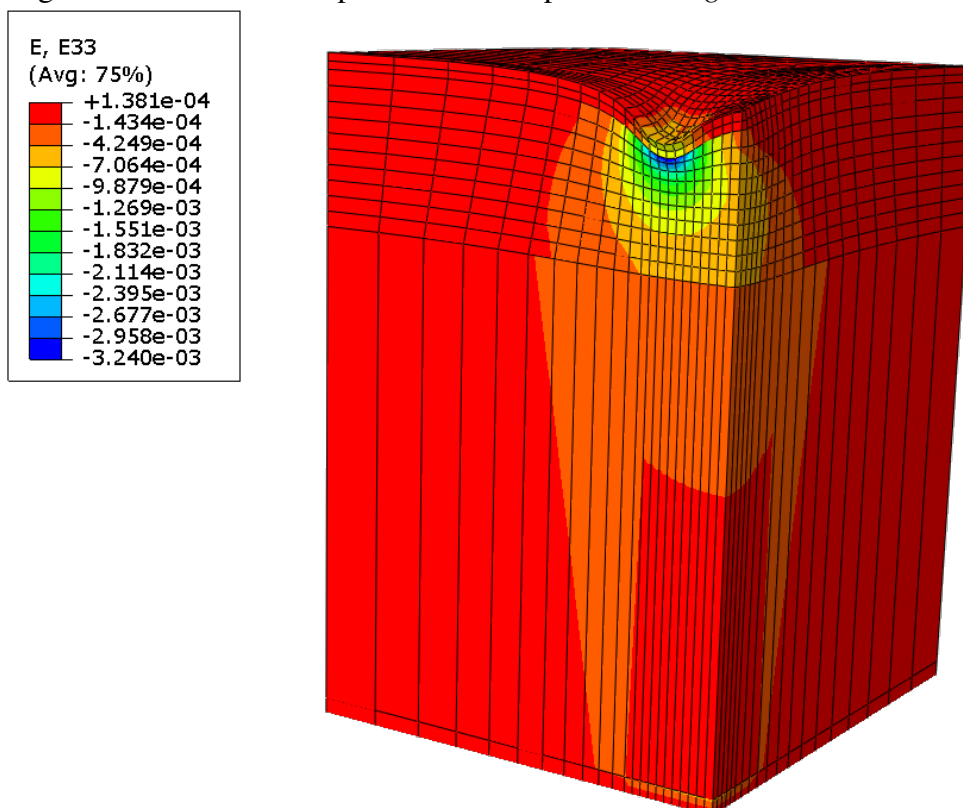
Figura 35 – Malha deformada de elementos finitos - 0.05m-0.1m-0.5m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

de base de 0,9529. Conforme a Figura 36, há uma anomalia nas deformações com dois pontos destoando do bulbo de tensões e indo até o topo do subleito, enquanto o comportamento esperado seria de uma distribuição de tensões mais uniforme e em formato de bulbo. Atribui-se esse comportamento a um problema de convergência durante o cálculo das tensões nos nós dos elementos.

Figura 36 – *Outlier* da espessura da base para o *Boeing 737-800*



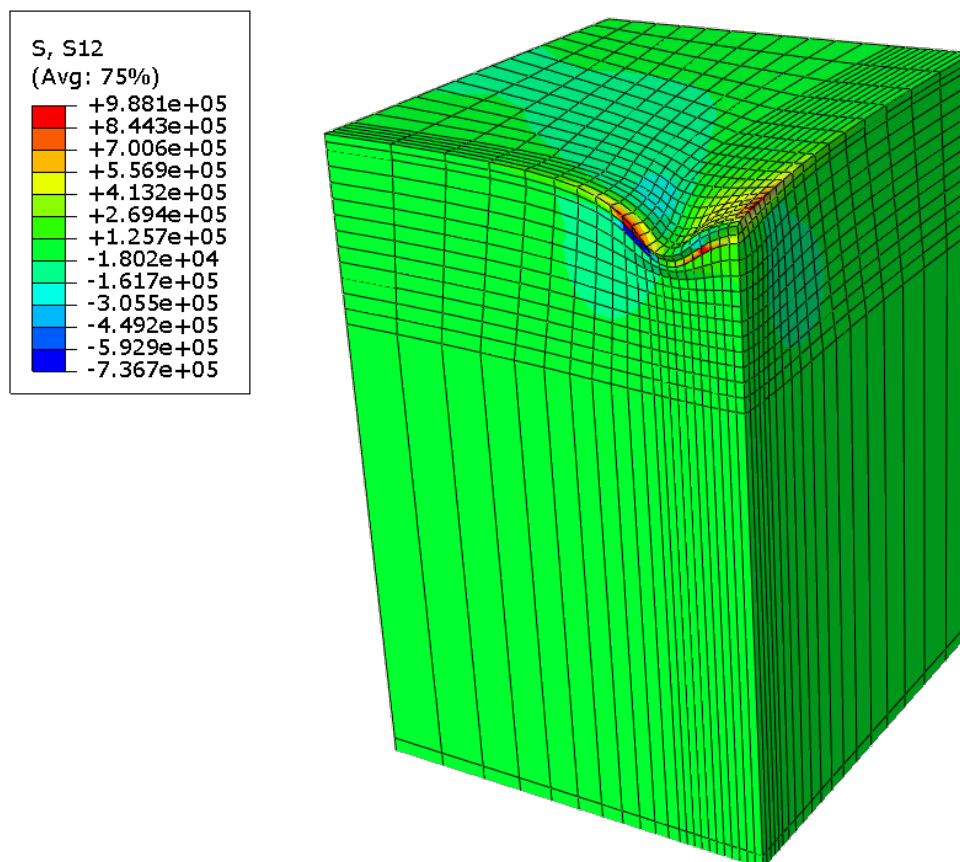
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.5 Sobre a influência do número de rodas na análise de deformações

Durante a fase de análise gráfica das deformações reportadas, observou-se que o bulbos de tensões laterais se sobrepujaram quanto maiores eram as deformações e quanto maiores era o número de rodas da aeronave. Essas tensões laterais causam deformações no eixo vertical (eixo Z) do pavimento e, portanto, é esperado que a deformação vertical seja afetada com o aumento do número de rodas.

Por exemplo, para o *Boeing 737-800*, Figura 37, na região de simetria na lateral direita existe uma deformação plana de $1,25 \times 10^5$. Sobre a deformação vertical do mesmo modelo, Figura 38, nota-se que a deformação vertical é de $4,36 \times 10^{-4}$ m/m.

Figura 37 – Plano horizontal de deformações do *Boeing 737-800* com espessura de base de 1,1379 m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

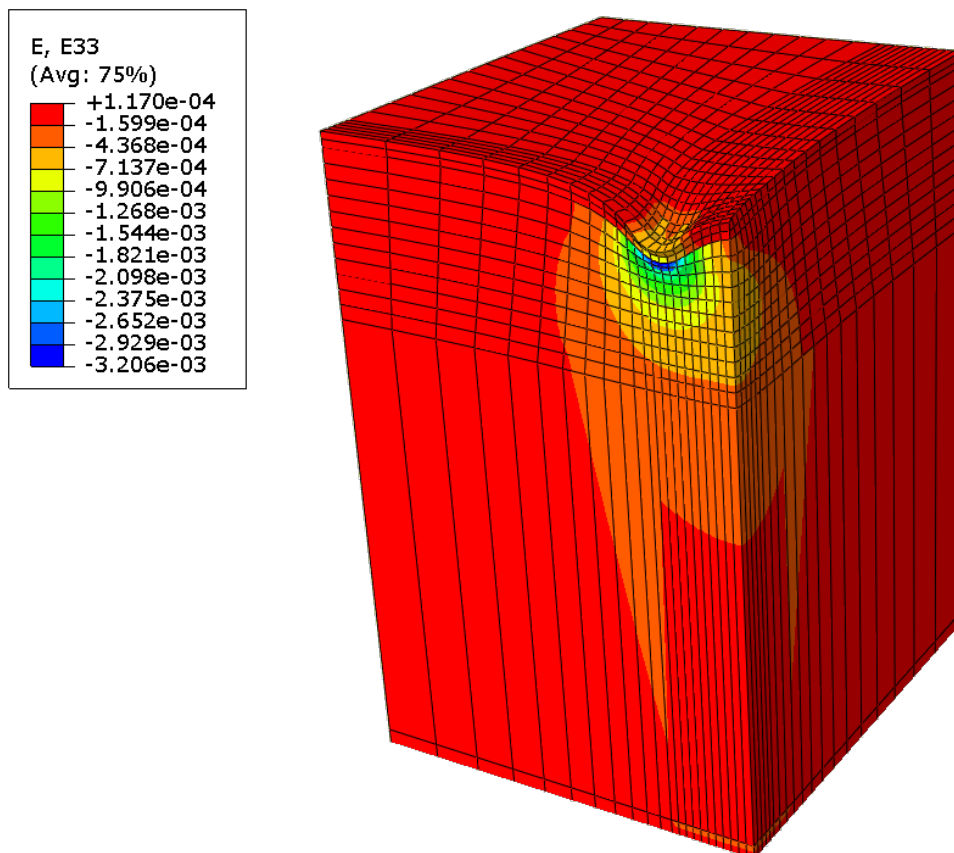
Para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, Figura 39, na região de simetria na lateral direita existe uma deformação plana de $2,49 \times 10^5$ m/m. Sobre a deformação vertical do mesmo modelo, Figura 40, nota-se que a deformação vertical é de $4,89 \times 10^{-4}$ m/m.

Por fim, constata-se que mesmo com o aumento da pressão, uma vez que o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* é mais pesado que o *Boeing 737-800*, a deformação vertical não aumentou na mesma proporção, aumentando apenas 12%, devido ao aumento no número de pontos de aplicação de carga.

4.6 Distribuição das deformações conforme os parâmetros de entrada do pavimento

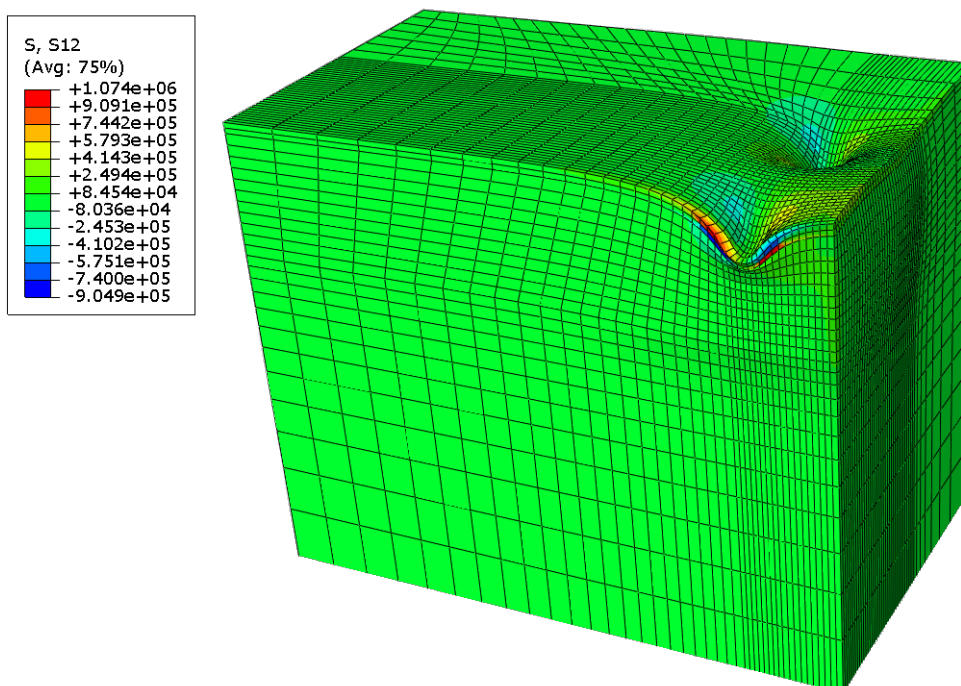
Nessa seção serão apresentados os resultados das variações de deformações para cada parâmetro de entradas obtidos com o ABAQUS 2020, e que serão usados para a análise estatística. Os dados completos encontram-se no Apêndice G desta Dissertação e representam as deformações verticais calculadas no topo do subleito do pavimento.

Figura 38 – Deformações verticais do *Boeing 737-800* com espessura de base de 1,1379 m



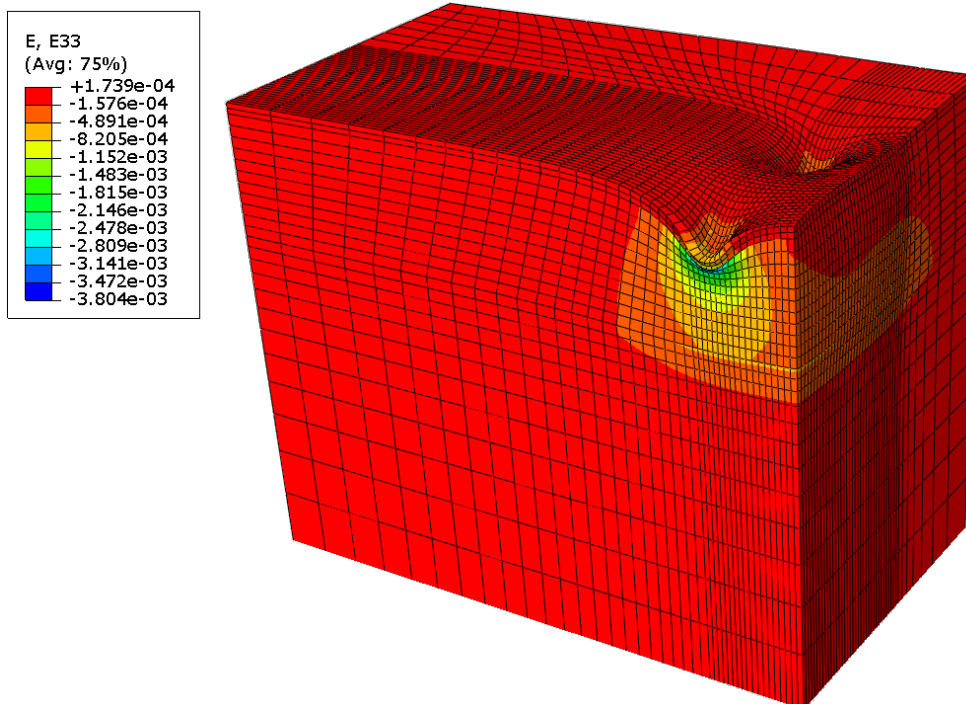
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 39 – Plano horizontal de deformações do *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo com espessura de base de 1,1379 m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 40 – Deformações verticais do *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo com espessura de base de 1,1379 m



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.6.1 Espessuras das camadas

Com o aumento da espessura das camadas, espera-se que as tensões aplicadas pela aeronave sejam menos impactantes nas camadas inferiores do pavimento. Dessa forma, é prevista uma redução nas deformações obtidas no topo do subleito. Além disso, o aumento das espessuras das camadas de materiais mais nobres tende a aumentar a capacidade elástica dos pavimentos para resistir às deformações. Esse comportamento foi verificado nesta subseção.

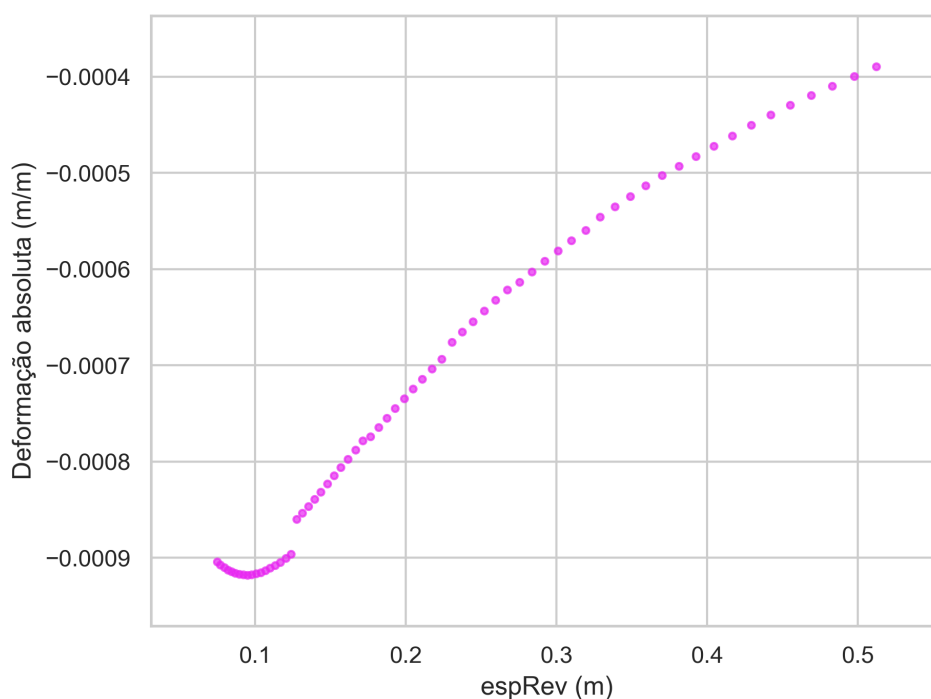
O aumento da espessura do revestimento está associado a uma redução das deformações relacionadas. Isso se deve ao aumento do perfil de solo, o que possibilita uma dissipação mais rápida do bulbo de tensões causado pela aeronave. Portanto, é esperado que a variação da deformação reportada no topo do subleito diminua a cada nova simulação. Além disso, é importante ressaltar que se espera uma tendência decrescente na variação das deformações, uma vez que, medida a partir do topo do subleito, o aumento da espessura não deve reduzir infinitamente as tensões obtidas. Além disso, espera-se que a variação dessa deformações sejam cada vez menores com o aumento da espessura das camadas, visto que parte da carga já terá sido dissipada.

4.6.1.1 Espessura de revestimento

Para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, observou-se que o aumento inicial da espessura do revestimento resultou em um aumento na deformação vertical no subleito. O aumento de uma espessura com módulo de elasticidade maior, ajuda a concentrar as deformações no local, para espessuras muito pequenas, a camada resistência da camada não consegue compensar o aumento na concentração de deformações e por conta disso, a deformação aumenta.

Em seguida, à medida que a espessura continuou a aumentar, houve uma redução na deformação total no subleito, um padrão que persistiu até o final do gráfico de deformações (Figura 41 e Quadro 7). No entanto, ao final do intervalo de análise, a curvatura da função pareceu mudar novamente, sugerindo que além de um certo valor de espessura, não compreendido no escopo deste estudo, a deformação absoluta do subleito poderia estabilizar ou inclusive aumentar.

Figura 41 – Distribuição da espessura do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

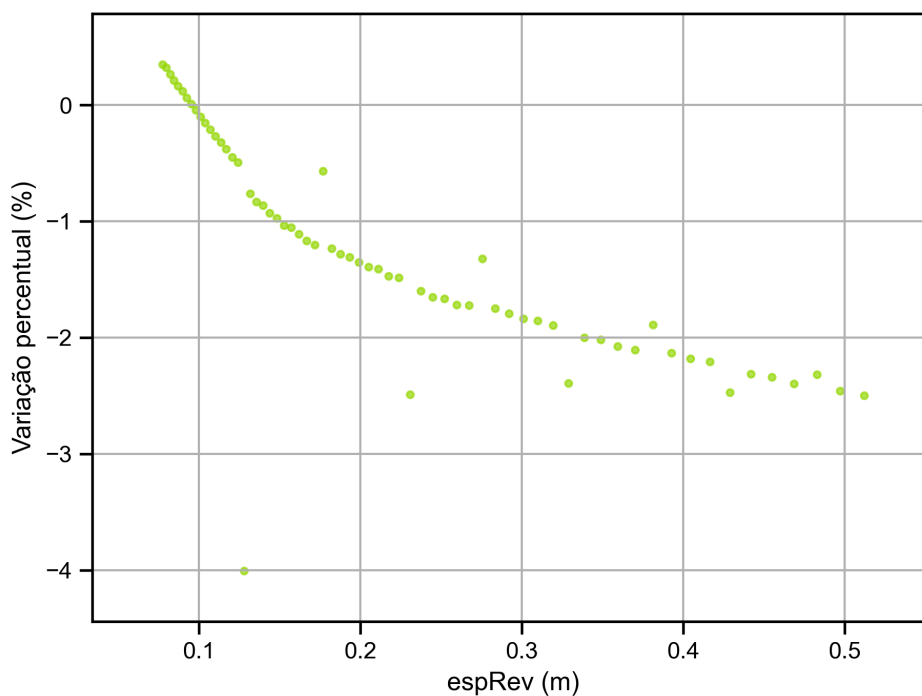
Quadro 7 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,000711
Desvio Padrão	0,000174
Máximo	-0,000918
Mínimo heightMínimo	-0,000389
Amplitude	0,000529
Quartil_25%	-0,000899
Mediana	-0,000740
Quartil_75%	-0,000562

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O gráfico de variação de deformações (Figura 42) também evidenciou uma mudança na concavidade, até a espessura de 0,17 m o coeficiente de variação mostrou-se mais acentuado. O que explica a redução da variação nas distribuições de deformação absoluta, cuja análise descritiva está disponível em Quadro 8.

Figura 42 – Distribuição da variação espessura do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 8 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

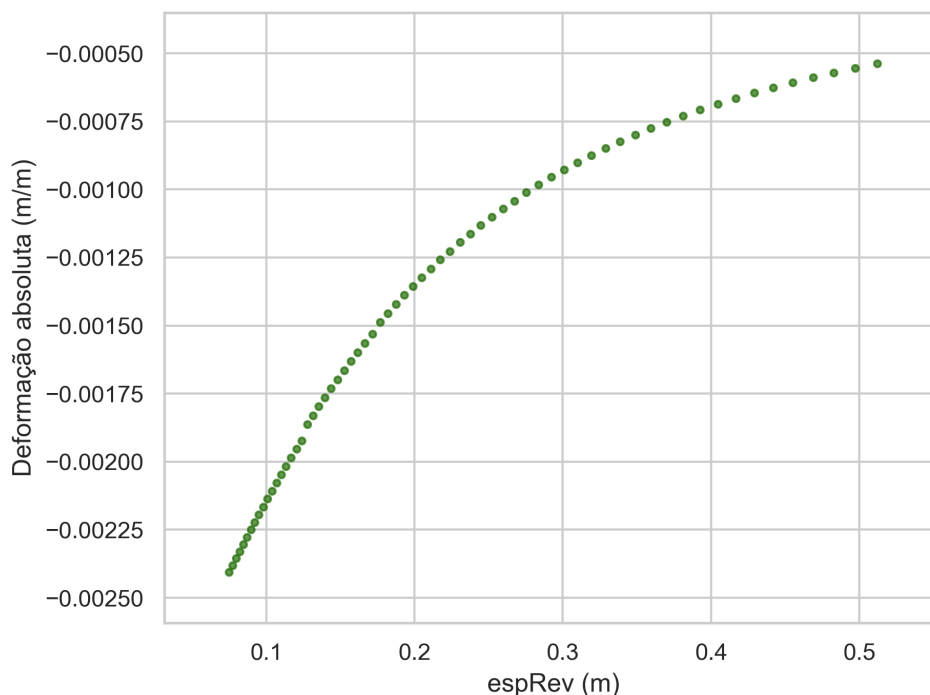
Média	-1,283345
Desvio Padrão	0,918376
Mínimo	-4,006121
Máximo	0,350743
Amplitude	4,356864
Quartil_25%	-2,000876
Mediana	-1,350595
Quartil_75%	-0,491277

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando que este avião é o que possui o menor número de rodas (apenas duas por eixo) no conjunto de aeronaves analisadas, este é o eixo com menos deformações provenientes de outras rodas. Portanto, entre os eixos analisados, é o menos suscetível ao princípio das superposições, apresentando a maior variação das deformações, começando acima de 0% e atingindo valores da ordem de -3%.

No caso do *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, Quadro 9, a variação na espessura indicou uma tendência de diminuição da deformação (Figura 43). À medida que a espessura do revestimento aumentava, mais tensão era dissipada no solo, resultando em uma deformação reportada menor de acordo a espessura do revestimento aumentava, comportando-se conforme o esperado para essa propriedade.

Figura 43 – Distribuição da espessura do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 9 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,001414
Desvio Padrão	0,000584
Máximo	-0,002405
Mínimo	-0,000538
Amplitude	0,001867
Quartil_25%	-0,001946
Mediana	-0,001372
Quartil_75%	-0,000881

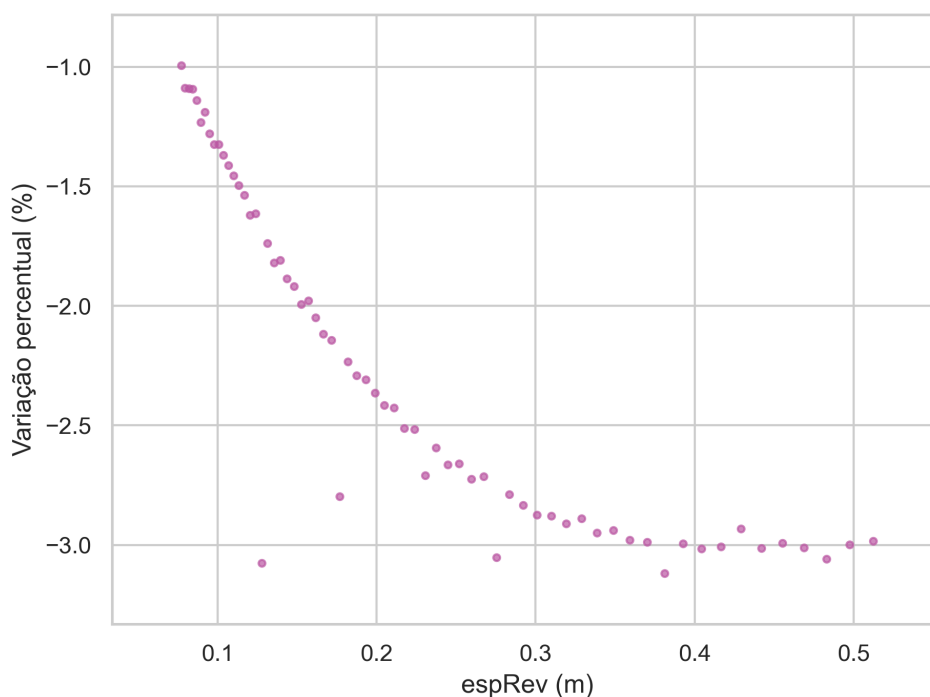
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando-se com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve um aumento de 2 vezes sobre a média, no desvio padrão e na amplitude. Na Figura 44, foi observada uma estabilização final em torno de -3% (Quadro 10) de variação da deformação com o aumento da camada. Adicionalmente, é importante salientar um comportamento tendente à uma função exponencial negativa em que os valores próximos ao eixo das ordenadas são os mais elevados e aqueles mais distantes são os menores, indicando uma variação constante para o intervalo analisado.

Além disso, segundo o princípio das superposições, é esperado que, com o aumento

do número de rodas, a variação das deformações tenha uma tendência mais estável. Isso se deve à presença de mais pontos de aplicação de carga e pontos mais distantes do ponto de medição, os quais, numa análise elástica, tendem a dilatar o solo na roda central em vez de contraí-lo. Adicionalmente, por ser o revestimento a camada mais próxima à aplicação de cargas, é esperado que essa seja a camada com as melhores propriedades.

Figura 44 – Distribuição da variação da espessura do revestimento para o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 10 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*

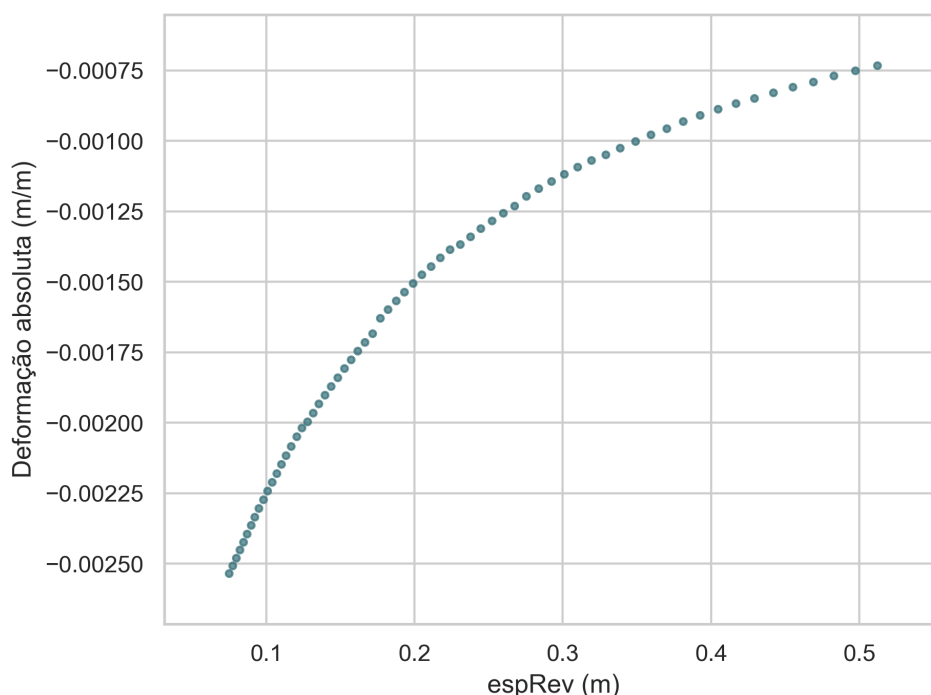
Média	-2,275753
Desvio Padrão	0,683415
Mínimo	-3,118172
Máximo	-0,994124
Amplitude	2,124048
Quartil_25%	-2,933186
Mediana	-2,425632
Quartil_75%	-1,619944

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A média do *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo* foi maior que a do *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, mas houve uma redução no desvio padrão e a amplitude da variação.

Para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, também foi observada uma variação negativa das deformações com o aumento da espessura do revestimento. Em outras palavras, o aumento da espessura do revestimento resultou em uma redução da variação das deformações (Figura 45 e Quadro 11). Houve uma tendência de redução das deformações à medida que a camada aumentava, indicando uma estabilização desses valores para espessuras fora do intervalo analisado e, possivelmente, uma inversão de concavidade da função de variação.

Figura 45 – Distribuição da espessura do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 11 – Análise descritiva da espessura do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,001570
Desvio Padrão	0,000549
Máximo	-0,002533
Mínimo	-0,000733
Amplitude	0,001800
Quartil_25%	-0,002041
Mediana	-0,001521
Quartil_75%	-0,001074

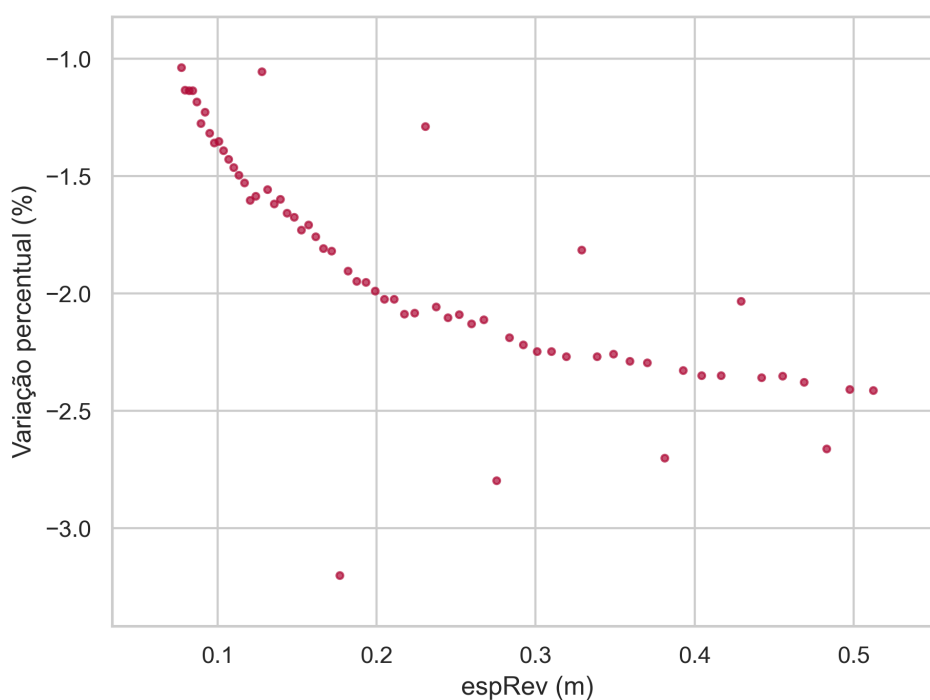
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A média das deformações do *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* (Quadro 11) foi

maior que a aeronave *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* mas embora próximos há um menor desvio padrão e uma menor amplitude da variação. Comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, a média foi maior, bem como amplitude e o desvio padrão.

A variação negativa tendeu a cerca de -2.5% de redução percentual da deformação com o aumento da espessura do revestimento (Figura 46 e Quadro 12) . Além disso, embora de maneira mais suavizada em comparação aos outros eixos, a função representativa da variação das deformações também exibe um comportamento similar à uma função exponencial negativa. A presença de mais rodas simuladas suaviza o gráfico da variação da deformação no ponto, seguindo o princípio das superposições, resultando em uma variação menor no intervalo percentual reportado.

Figura 46 – Distribuição da variação da espessura do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 12 – Análise descritiva da variação da espessura do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-1,889307
Desvio Padrão	0,471540
Mínimo	-3,199098
Máximo	-1,037102
Amplitude	2,161996
Quartil_25%	-2,256614
Mediana	-1,950776
Quartil_75%	-1,527883

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

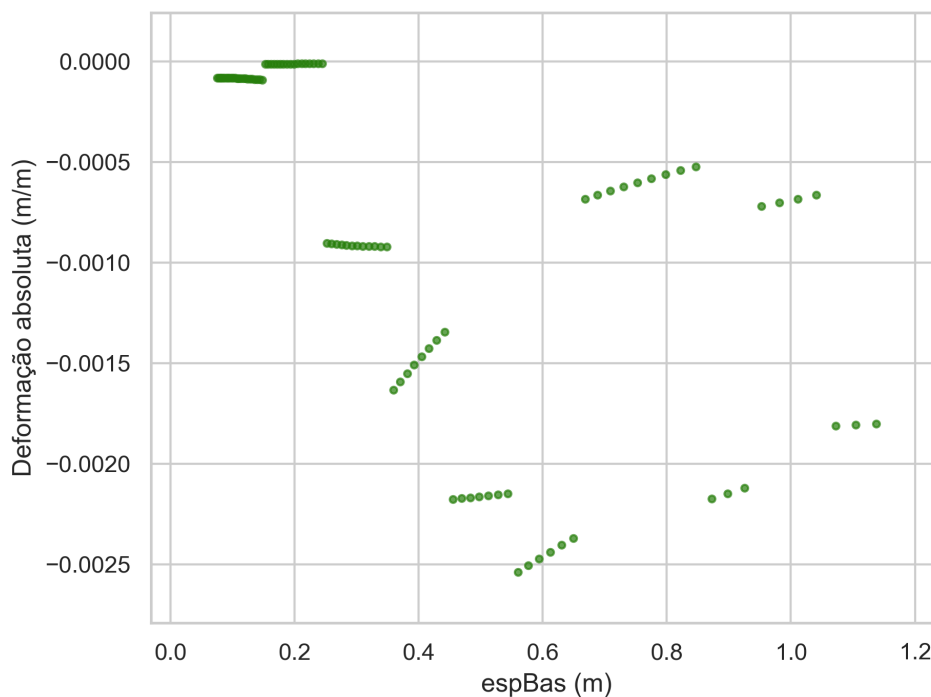
Comparando as variações, a média do *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* (Quadro 12) foi menor que a média da aeronave *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, assim como o desvio padrão, entretanto a amplitude para aeronave *tandem triplo* foi maior que a aeronave com o eixo *tandem duplo*. Comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, a média foi maior. Entretanto, a amplitude e o desvio padrão foram menores.

4.6.1.2 Espessura de base

Nesta subseção do trabalho, foi realizada a análise da variação da espessura da camada de base, sendo essa a camada localizada abaixo do revestimento e a segunda camada mais próxima da carga do pavimento.

No *Boeing 737-800* - Eixo Simples, os dados de deformação com relação ao aumento da espessura da base (Quadro 13) não demonstraram uma tendência constante. Em alguns momentos, houve tendência à estabilidade, como do intervalo inicial até o ponto de 0,22 m, e outras situações em que houve um comportamento de redução das deformações com o aumento da espessura, por exemplo, entre 0,62 m e 0,82 m (Figura 47). As descontinuidades podem ser vindas da precisão da malha. Uma malha mais fina poderia ser usada para usada para obter uma maior precisão.

Figura 47 – Distribuição da espessura da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

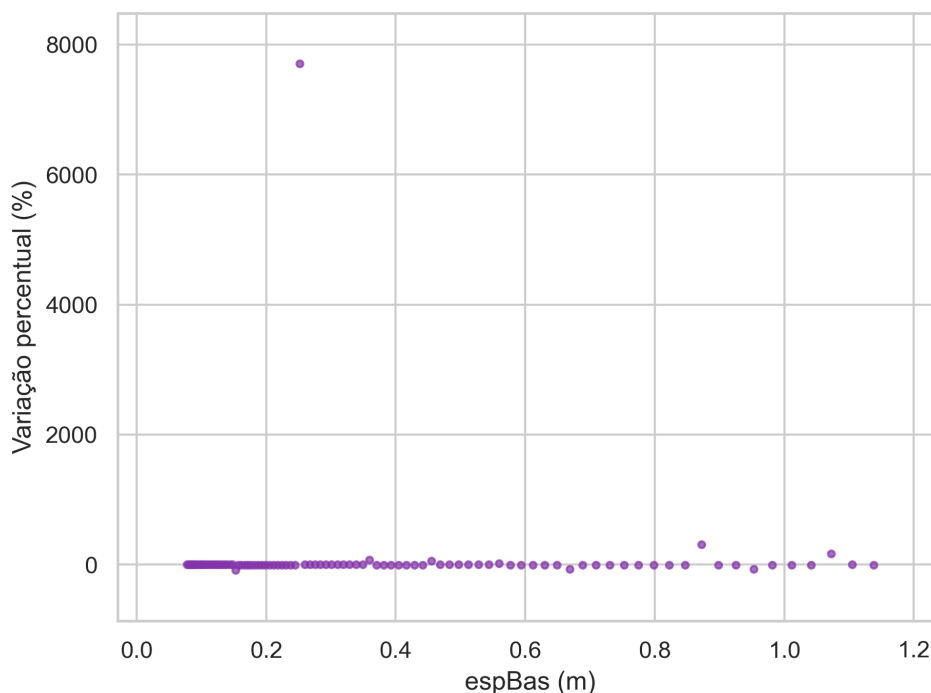
Quadro 13 – Análise descritiva da espessura da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,000808
Desvio Padrão	0,000837
Máximo	-0,002538
Mínimo	-0,000012
Amplitude	0,002526
Quartil_25%	-0,001468
Mediana	-0,000623
Quartil_75%	-0,000083

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além disso, foi identificada a presença de um *outlier* no valor da variação da deformação (Figura 48 e Quadro 14). Enquanto a maioria dos valores de variação estava representada próximo a 0%, uma das amostras se aproximou de 8000%. Considerando que os parâmetros do solo foram mantidos constantes na simulação, o valor discrepante pode ter surgido devido a problemas de convergência durante o cálculo das matrizes de rigidez. No entanto, como o teste de *bootstrap* é resistente à presença de *outliers*, esse valor não foi removido da amostra.

Figura 48 – Distribuição da variação da espessura da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

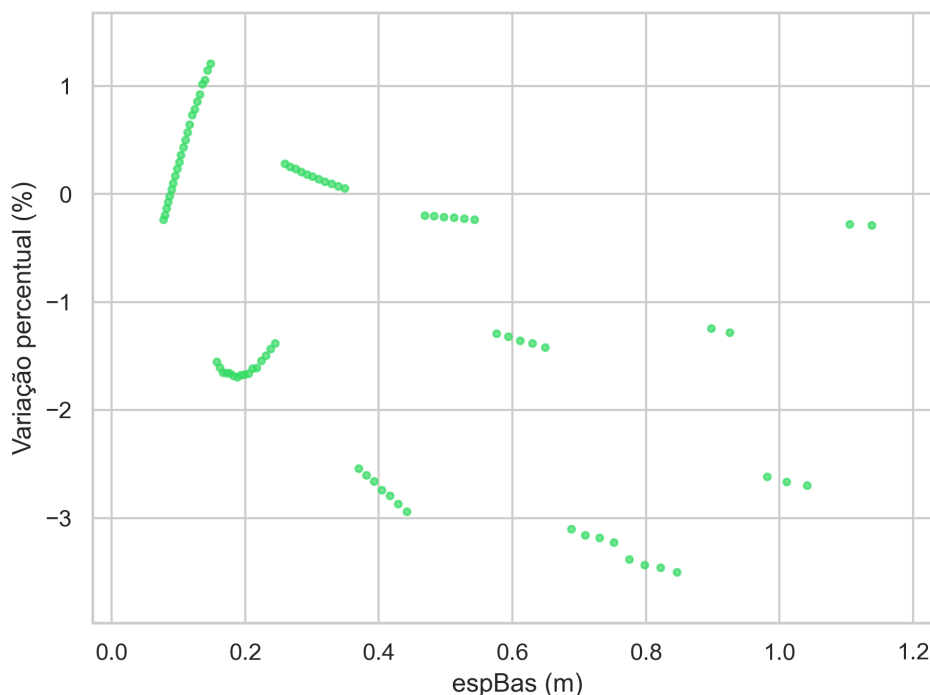
Quadro 14 – Análise descritiva da variação da espessura da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	87,469184
Desvio Padrão	799,208343
Mínimo	-83,796020
Máximo	7701,403824
Amplitude	7785,199844
Quartil_25%	-1,674850
Mediana	-0,258578
Quartil_75%	0,233397

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Entretanto, para a análise descritiva, um gráfico das deformações sem a presença de *outliers* foi apresentado (Figura 49), no qual foram removidos os valores fora do intervalo de 1,5 vezes o tamanho interquartil dos dados, o que resultou em descontinuidades no gráfico sem *outliers*. As variações de deformações ficaram contidas em um intervalo entre pouco mais de 1% positivo e pouco menos de 3% negativo. No entanto, o comportamento mostrou-se pouco definido, assim como o das deformações absolutas, ora assumindo um movimento crescente e ora um comportamento decrescente.

Figura 49 – Distribuição da variação da espessura da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples sem *outliers*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os valores retirados da análise foram dispostos na Tabela 14. Enquanto sem os *outliers*, o valor em percentual não passou de 3,5%, os *outliers* apresentaram valores acima de 300% maiores, o que distorcia os gráficos para a análise descritiva.

Tabela 14 – *Outliers* da variação da espessura de base do *Boeing 737-800* - Eixo Simples

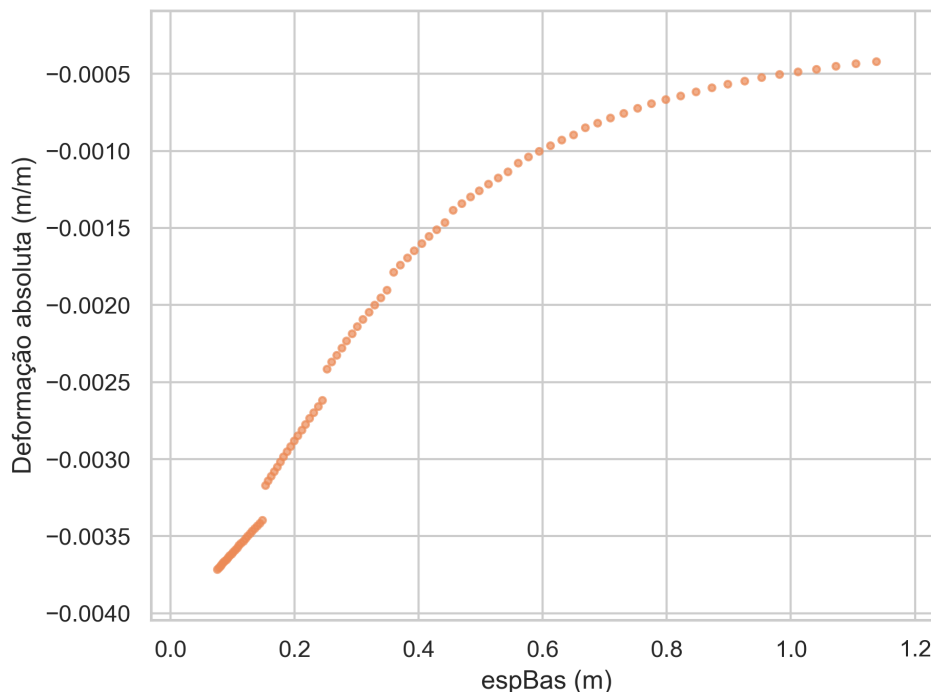
Espessura da Base (m)	Variação Percentual deformação (%)
0,1525	-83,79601999
0,252	7701,403824
0,3593	77,29716642
0,4551	61,77232896
0,5597	18,10167781
0,6684	-71,07843843
0,8721	315,0701164
0,9529	-65,99764938
1,0725	172,4592775

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Para a distribuição das deformações ao analisar a camada de base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* (Quadro 15), houve uma tendência constante de redução da deformação com o aumento da camada. No entanto, por quatro vezes, o gráfico apresentou discontinuidades. Ao fim do gráfico, foi observada uma tendência de estabilização que se

estendia para além do intervalo abordado neste estudo (Figura 50).

Figura 50 – Distribuição da espessura da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 15 – Análise descritiva da espessura da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,002154
Desvio Padrão	0,001140
Máximo	-0,003713
Mínimo	-0,000420
Amplitude	0,003293
Quartil_25%	-0,003397
Mediana	-0,002187
Quartil_75%	-0,001039

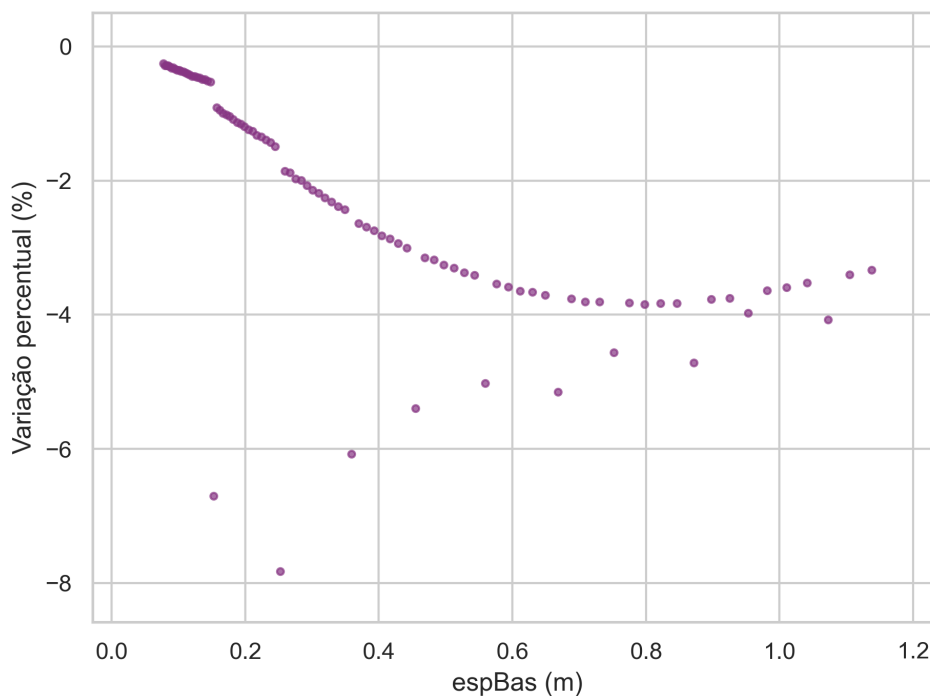
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples (Quadro 16), a média da espessura da base foi maior. Assim como houve um aumento no desvio padrão e amplitude quando comparado com a aeronave de eixo simples. Adicionalmente, verifica-se um comportamento de aumento na variação percentual da deformação até a medida de 0,7 m (Figura 51).

Após esse ponto, houve uma inversão na derivada do gráfico de distribuição, e as variações percentuais começaram a diminuir. É importante notar que 10 pontos destoaram do

comportamento da maioria. Comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, a média da variação espessura da base foi menor, bem como o desvio padrão e amplitude.

Figura 51 – Distribuição da variação da espessura da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 16 – Análise descritiva da Variação da espessura da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-2,327047
Desvio Padrão	1,666875
Mínimo	-7,822337
Máximo	-0,256268
Amplitude	7,566069
Quartil_25%	-3,606176
Mediana	-2,218302
Quartil_75%	-0,813338

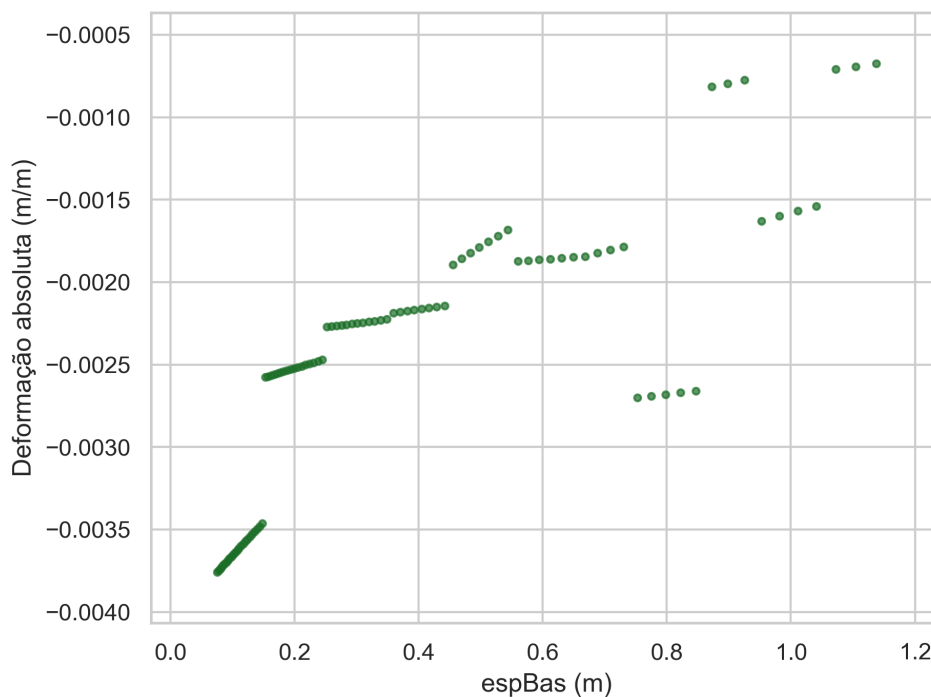
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tanto a média quanto o desvio padrão e a amplitude da variação da espessura da base foram muito menores que os valores obtidos para o *Boeing 737-800*. Isso aconteceu devido a presença de *outliers* nos dados de deformação com a variação da camada de base. Entretanto, o teste de *Bootstrap* poderá ser usado para fazer as comparações mesmo na presença de *outliers*

No *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* (Quadro 17), também não se observou

uma tendência constante para as deformações à medida que a camada aumentava. De maneira geral, com o aumento da camada, as deformações começaram a reduzir. Entretanto, a presença de muitas discontinuidades impediu uma definição clara do comportamento das deformações em relação à espessura do pavimento (Figura 52).

Figura 52 – Distribuição da espessura da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 17 – Análise descritiva da espessura da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,002468
Desvio Padrão	0,000817
Máximo	-0,003758
Mínimo	-0,000675
Amplitude	0,003083
Quartil_25%	-0,003464
Mediana	-0,002272
Quartil_75%	-0,001864

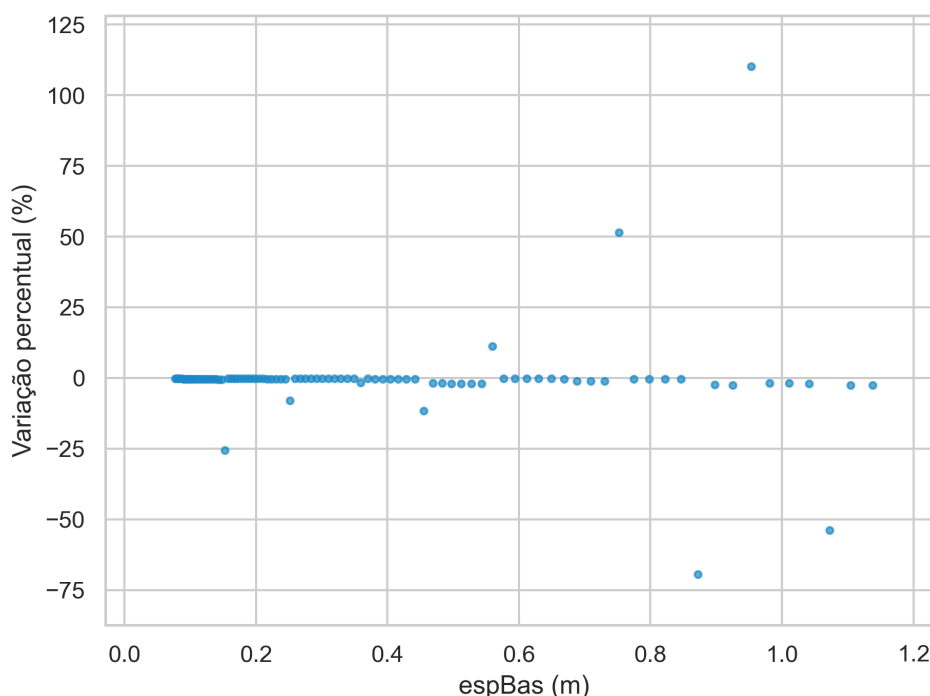
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao se comparar a aeronave *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, a média da espessura da base foi maior, mas o desvio padrão e a amplitude foram menores. Comparando-se com *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex* houve um

aumento mas média, mas uma redução no desvio padrão bem como a amplitude.

Acrescenta-se que houve uma tendência de variação percentual próxima a 0% (Figura 53 e Quadro 18). Entretanto, em 9 simulações, houve um comportamento diferente da maioria. Embora o comportamento seja semelhante ao do *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, a amplitude dos resultados foi maior, apresentando variações percentuais acima de 100% e próximas a -75%. A presença desses valores extremos impossibilitou uma análise apropriada dos valores próximos a 0%.

Figura 53 – Distribuição da variação da espessura da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 18 – Análise descritiva da variação da espessura da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*

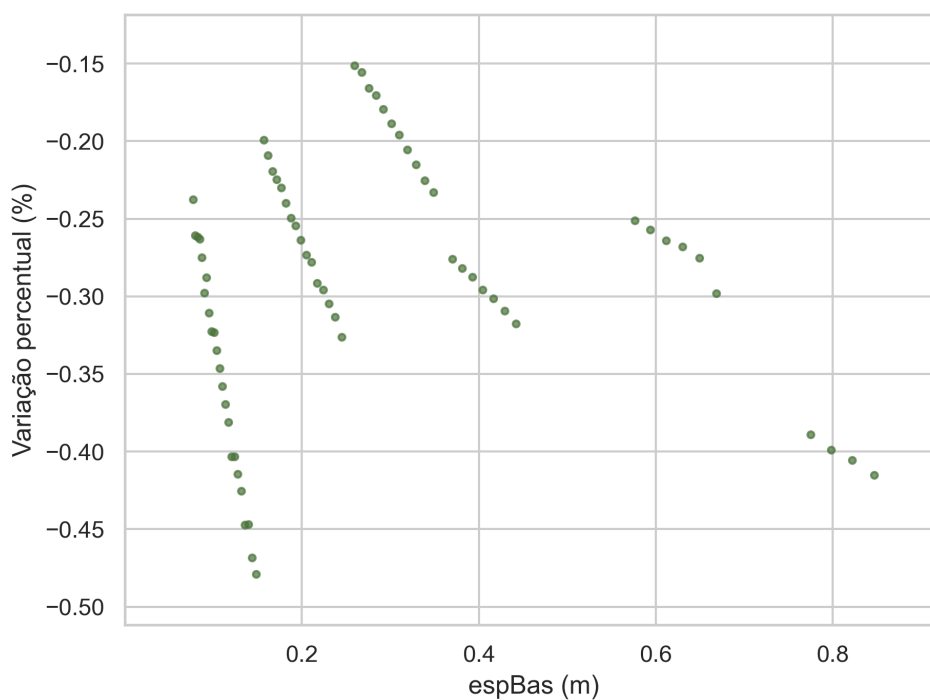
Média	-0,516772
Desvio Padrão	15,985652
Mínimo	-69,347279
Máximo	110,143729
Amplitude	179,491008
Quartil_25%	-0,471103
Mediana	-0,307046
Quartil_75%	-0,253606

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao se comparar com o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*, houve uma redução da média das variações, mas um aumento no desvio padrão e na amplitude. Comparando com o *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, a média foi menor, bem como o desvio padrão e a amplitude dada a presença de *outliers* no eixo simples.

Para tratar os valores destoantes, foi conduzida uma análise de *outliers*, retirando todos os valores que estavam fora da distância de $1,5 \times$ o tamanho interquartil dos dados. Em seguida, o gráfico foi novamente plotado (Figura 54). Nesse gráfico, verificou-se que a variação da espessura de base para a aeronave não produziu padrões estatísticos constantes, havendo mudanças na tendência apresentada em várias ocasiões.

Figura 54 – Distribuição da espessura da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo - sem outliers*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os valores retirados de *outliers* da figura do *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo* foram dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – *Outliers* da variação da espessura de base do *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Espessura da Base (m)	Varição Percentual deformação (%)
0,1525	-25,6066
0,252	-8,06348
0,3593	-1,67365
0,4551	-11,6692
0,4688	-1,84117
0,4828	-1,86564
0,4973	-1,91517
0,5122	-1,94985
0,5276	-1,99548
0,5434	-2,02655
0,5597	11,25368
0,6884	-1,04703
0,7091	-1,07663
0,7303	-1,09564
0,7523	51,38424
0,8721	-69,3473
0,8982	-2,44483
0,9252	-2,4613
0,9529	110,1437
0,9815	-1,8686
1,011	-1,90784
1,0413	-1,93925
1,0725	-53,8461
1,1047	-2,51007
1,1379	-2,50595

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Conforme validado, os valores são 20 vezes maiores do que o valor mais próximo de variação da deformação (espessura de 0,15 m), o que não se justificaria, dado que os resultados imediatamente posteriores voltaram à mesma ordem de grandeza que a amostra inicial da espessura 0,15 m.

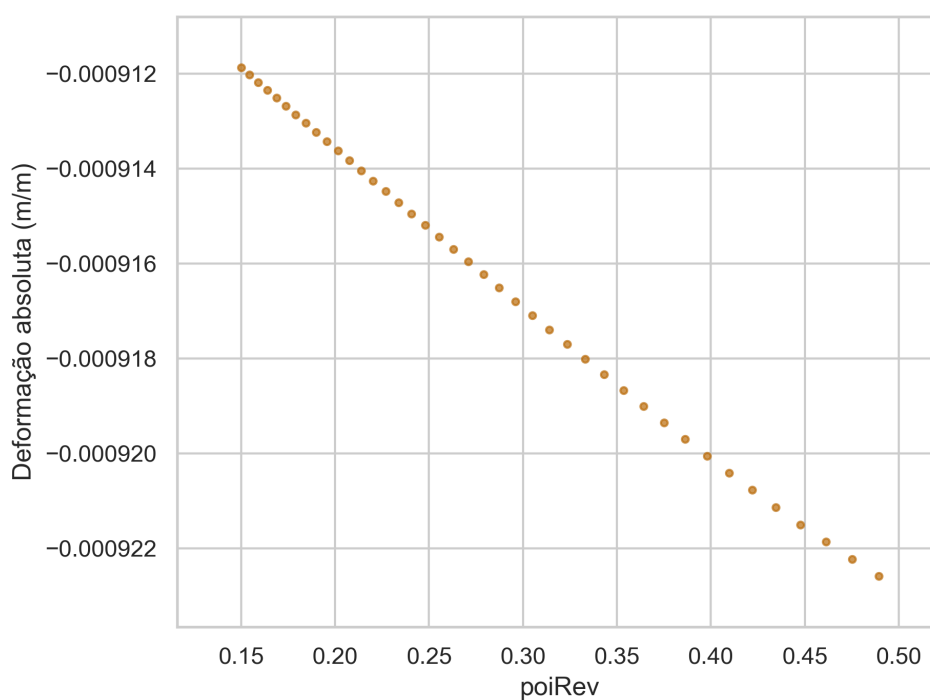
4.6.2 *Coefficiente de poisson*

Com o aumento do coeficiente de *Poisson*, espera-se que haja um aumento na deformação do subleito, visto que o solo tende a se expandir mais lateralmente para uma mesma carga, aumentando a deformação absoluta no subleito, comportamento esse que foi validado nesta subseção. Para as aeronaves com o maior número de rodas, entretanto, espera-se que a expansão vertical no sentido positivo Z formada pelas tensões laterais consiga equilibrar ou reduzir as deformações.

4.6.2.1 Coeficiente de poisson de revestimento

Observou-se um aumento consistente na deformação do subleito do *Boeing 737-800* - Eixo Simples em todo o intervalo de análise (Quadro 19), à medida que o coeficiente de *Poisson* foi aumentado (Figura 55).

Figura 55 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 19 – Análise descritiva do *Poisson* do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

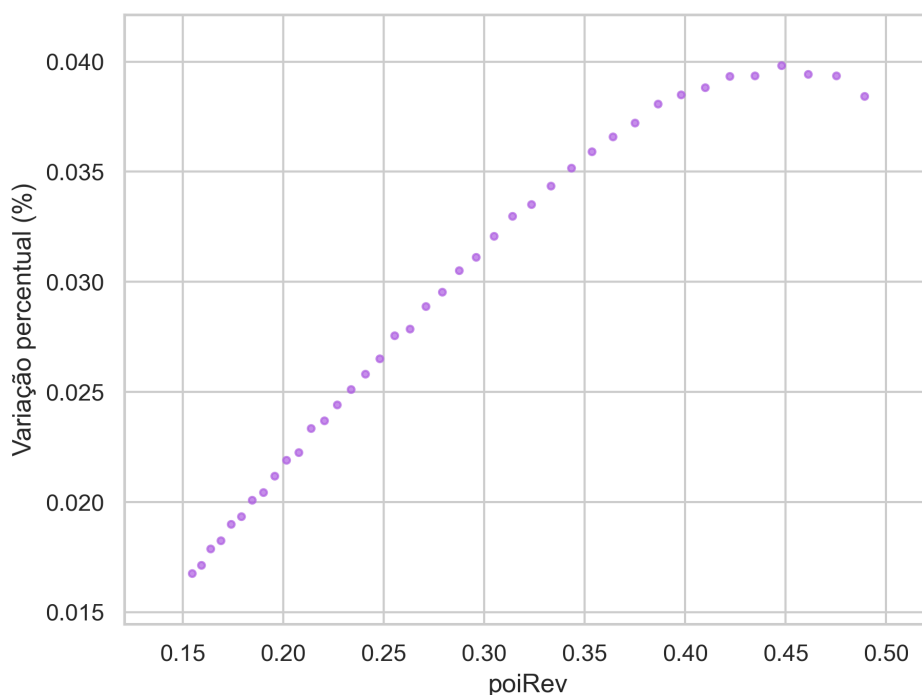
Média	-0,000916
Desvio Padrão	0,000003
Máximo	-0,000923
Mínimo	-0,000912
Amplitude	0,000011
Quartil_25%	-0,000919
Mediana	-0,000916
Quartil_75%	-0,000914

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com relação à variação das deformações do subleito do *Boeing 737-800* - Eixo Simples conforme o coeficiente de *Poisson* do revestimento, analisado na Figura 55, notou-se um aumento progressivo na variação das deformações em todo o intervalo avaliado, à medida

que o coeficiente de *Poisson* aumentava. No que tange à variação percentual das deformações (Figura 56 e Quadro 20), foi observado um aumento gradual até 0,45, seguido por uma mudança no comportamento, com a variação percentual diminuindo. É relevante ressaltar que, para essa aeronave, todas as variações permaneceram abaixo de 0,05%, representando uma variação mais contida em comparação a outras variáveis analisadas neste estudo.

Figura 56 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 20 – Análise descritiva da variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

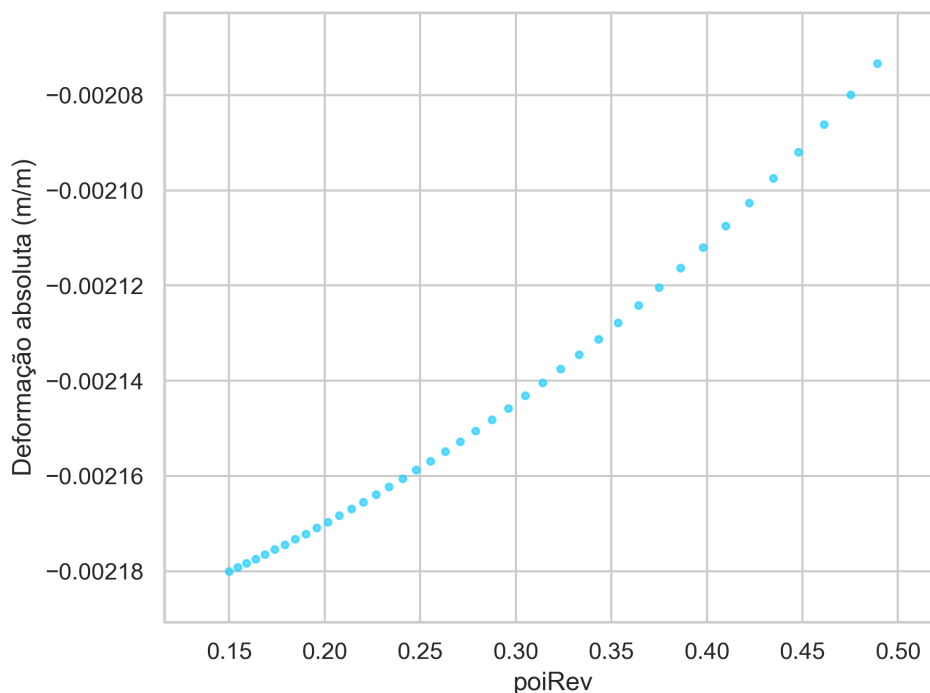
Média	0,029195
Desvio Padrão	0,007657
Mínimo	0,016774
Máximo	0,039827
Amplitude	0,023053
Quartil_25%	0,022176
Mediana	0,029213
Quartil_75%	0,036751

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No caso do *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* (Figura 58 e Quadro 21), observou-se que o aumento do coeficiente de *Poisson* resultou na redução da deformação na camada. Uma

hipótese é que a influência da a expansão vertical no sentido positivo Z formada pelas tensões laterais originadas das outras rotas contribuiu para a diminuição da deformação absoluta.

Figura 57 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 21 – Análise descritiva do *Poisson* do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

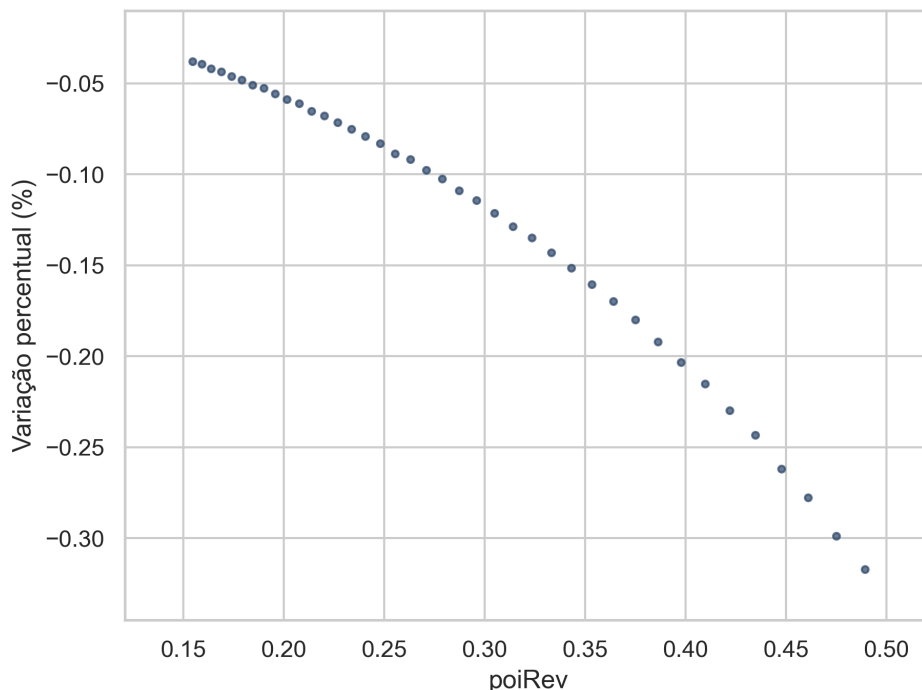
Média	-0,002144
Desvio Padrão	0,000030
Máximo	-0,002180
Mínimo	-0,002073
Amplitude	0,000107
Quartil_25%	-0,002170
Mediana	-0,002153
Quartil_75%	-0,002124

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além disso, houve uma média, amplitude e desvio padrão maiores do que a observada no *Boeing 737-800* - Eixo Simples (Quadro 22). Os dados de deformações foram integralmente negativos, sem mudança de concavidade da função de variação no intervalo analisado (Figura 58). A partir de 0,35, a concavidade da função aumenta, e conseqüentemente, a derivada da função ilustrada pela variação percentual. No entanto, todas as variações de deformação foram menores,

em módulo, do que 0,35%.

Figura 58 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 22 – Análise descritiva da variação do *Poisson* do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

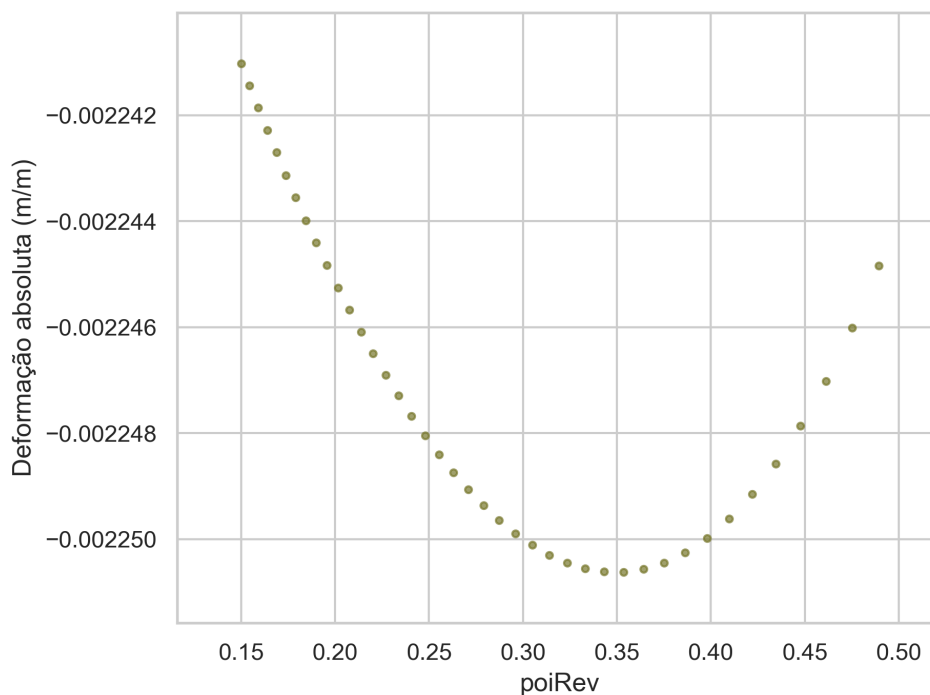
Média	-0,125290
Desvio Padrão	0,078248
Máximo	-0,317062
Mínimo	-0,037991
Amplitude	0,279071
Quartil_25%	-0,172376
Mediana	-0,100156
Quartil_75%	-0,060482

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Assim como para as deformações absolutas, ao comparar com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, a média da variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento foi maior, assim como desvio padrão e a amplitude (Quadro 23).

Para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* (Figura 59), o aumento do coeficiente de *Poisson* do revestimento implicou em um aumento das deformações no topo do subleito.

Figura 59 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 23 – Análise descritiva do *Poisson* do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,002247
Desvio Padrão	0,000003
Máximo	-0,002251
Mínimo	-0,002241
Amplitude	0,000010
Quartil_25%	-0,002250
Mediana	-0,002248
Quartil_75%	-0,002245

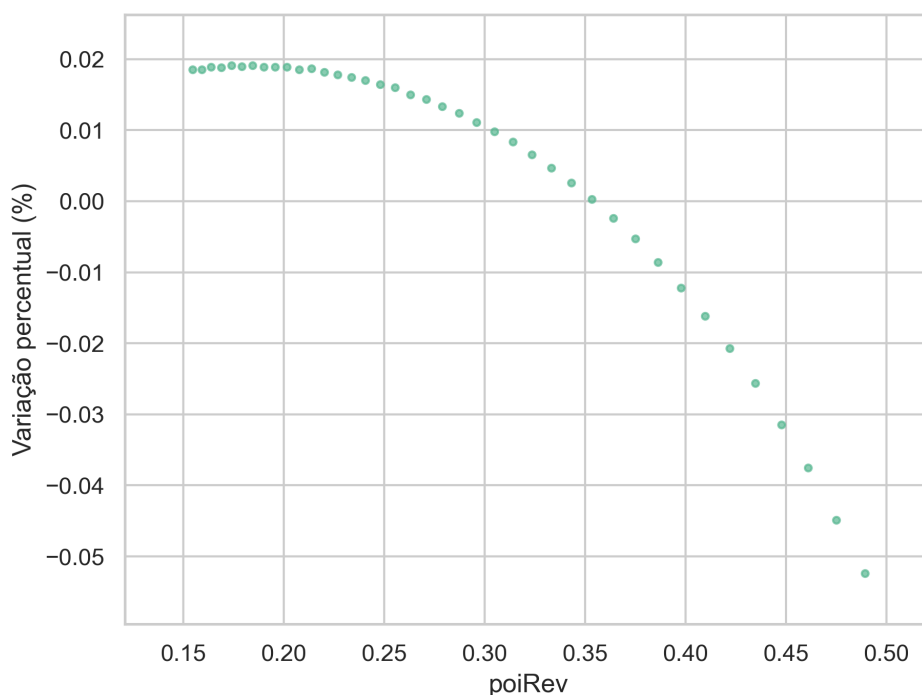
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve um aumento da média, mas uma redução no desvio padrão e da amplitude no modelo. Para o *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex* houve um aumento da média, mas a amplitude e o desvio padrão se mantiveram iguais.

Além disso, para o gráfico de variação das deformações, não há integralidade na variação percentual negativa (Figura 59 e Quadro 24). Essa variação começou positiva e, a partir de 0,35, em que o aumento do coeficiente de *Poisson* da base começou a produzir variações percentuais negativas na deformação, o que significa que, quanto maior esse coeficiente, menor

seria a deformação esperada no topo do subleito para a aeronave, comportamento esse derivado da expansão vertical no sentido positivo Z formada pelas tensões laterais no solo causada pelas outras rodas do pavimento. No entanto, devido à proximidade do 0% (apenas uma amostra teve variação percentual maior do que 0,05% em módulo), esse coeficiente parece ter uma influência pouco significativa na variação das deformações para a aeronave.

Figura 60 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 24 – Análise descritiva da variação do *Poisson* do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	0,004253
Desvio Padrão	0,019474
Mínimo	-0,052353
Máximo	0,019100
Amplitude	0,071453
Quartil_25%	-0,003093
Mediana	0,013850
Quartil_75%	0,018551

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

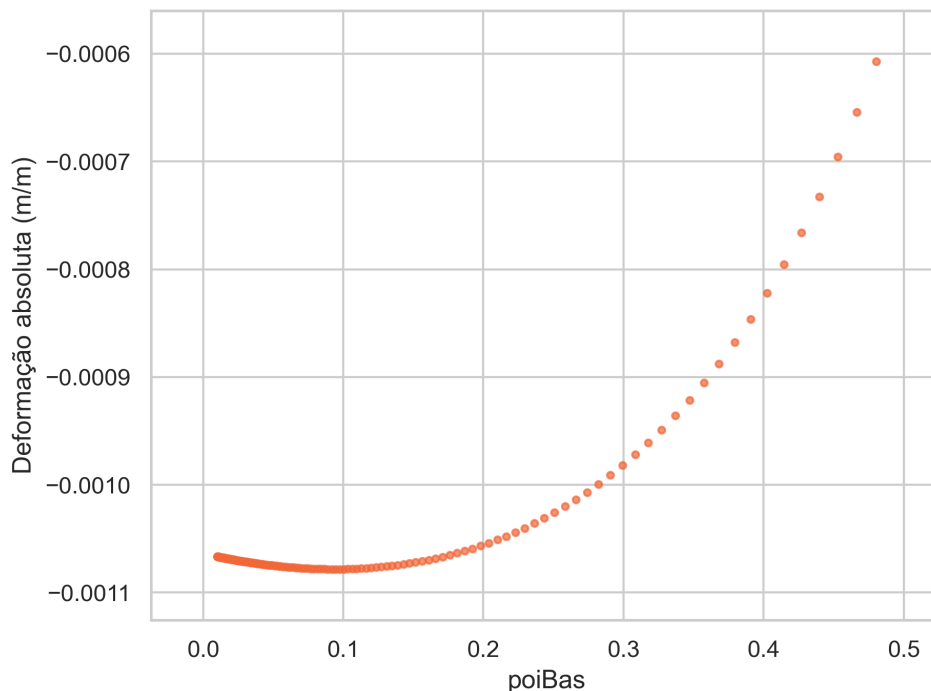
Comparando com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* e com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, houve uma redução da média e na amplitude e no desvio padrão. Além disso,

há a inversão do sinal da variação da média das deformações quando comparado com o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*, que passou a ser positiva. O aumento inicial do coeficiente de *Poisson* espalhava as deformações de forma lateral. Entretanto, de forma insuficiente para a equilibração da conformação lateral por parte dos outros pneus da aeronave. Uma vez que o coeficiente de *Poisson* aumentou, a conformação lateral do solo aumentou, o que começou a resultar em uma redução das deformações no topo do subleito.

4.6.2.2 Coeficiente de poisson de base

Para o coeficiente de *Poisson* da camada de base do *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, o aumento do valor da propriedade produziu uma redução das deformações (Figura 61). Essa redução assumiu um comportamento exponencial positivo, no qual, com o avanço do coeficiente de *Poisson*, a concavidade da função foi reduzida, fato esse consistente com o gráfico de variação das deformações.

Figura 61 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 737-800 - Eixo Simples*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

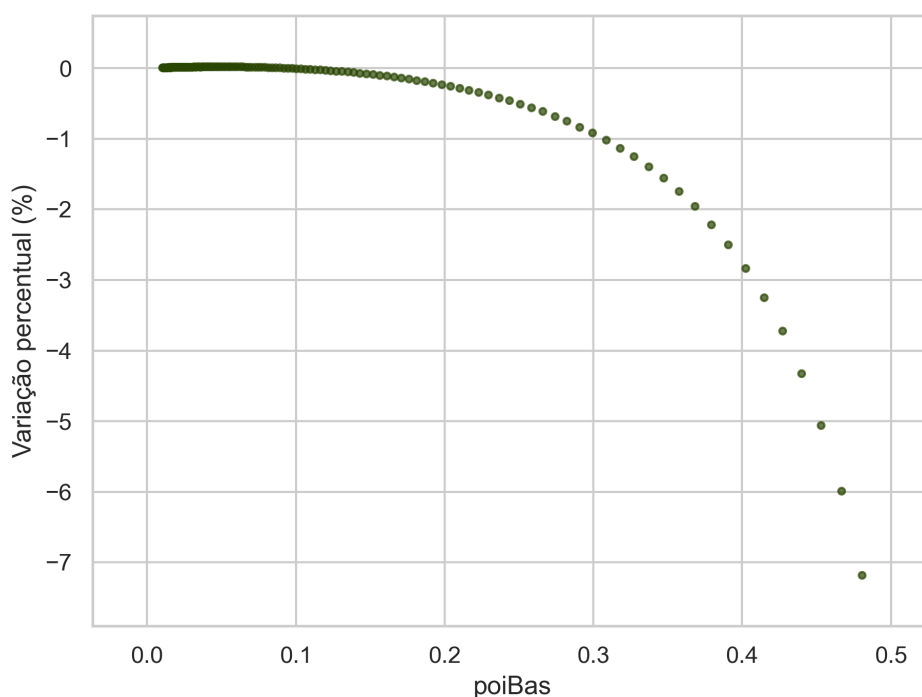
Quadro 25 – Análise descritiva do *Poisson* da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,001038
Desvio Padrão	0,000087
Máximo	-0,001078
Mínimo	-0,000607
Amplitude	0,000471
Quartil_25%	-0,001075
Mediana	-0,001070
Quartil_75%	-0,001063

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para variação de deformações, entre valores próximos a 0 e 0,1, esse coeficiente quase não se produziu variação percentual nas deformações do subleito. Após o 0,10, as variações começam a aumentar e após 0,35 há a maior mudança de variação das deformações, chegando a um valor superior a 7% para o maior coeficiente simulado (Figura 62 e Quadro 26). O que poderia implicar na mudança de concavidade do gráfico para algum valor de coeficiente de *Poisson* fora do intervalo analisado, a partir desse momento a deformação absoluta começou a reduzir, assumindo valores menos negativos.

Figura 62 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

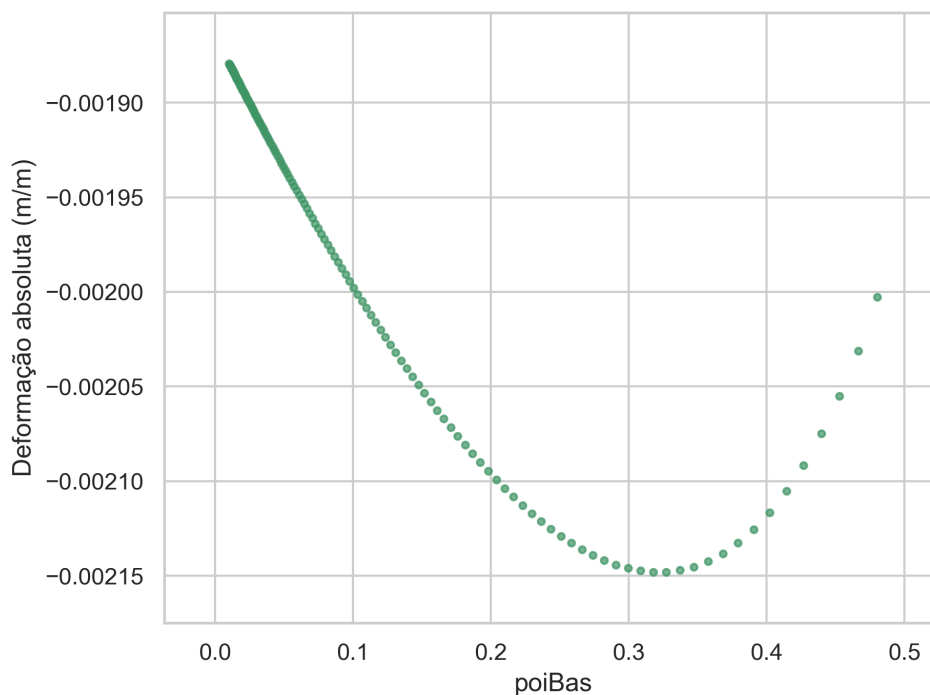
Quadro 26 – Análise descritiva da variação do *Poisson* da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,422414
Desvio Padrão	1,144474
Mínimo	-7,176244
Máximo	0,021563
Amplitude	7,197807
Quartil_25%	-0,180518
Mediana	0,008948
Quartil_75%	0,016035

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, inicialmente o aumento no coeficiente de *Poisson* implicou no aumento das deformações no subleito, que permaneceram aumentando até valores próximos ao *Poisson* 0,32. A partir desse momento, as deformações reduziram (Figura 63 e Quadro 27).

Figura 63 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

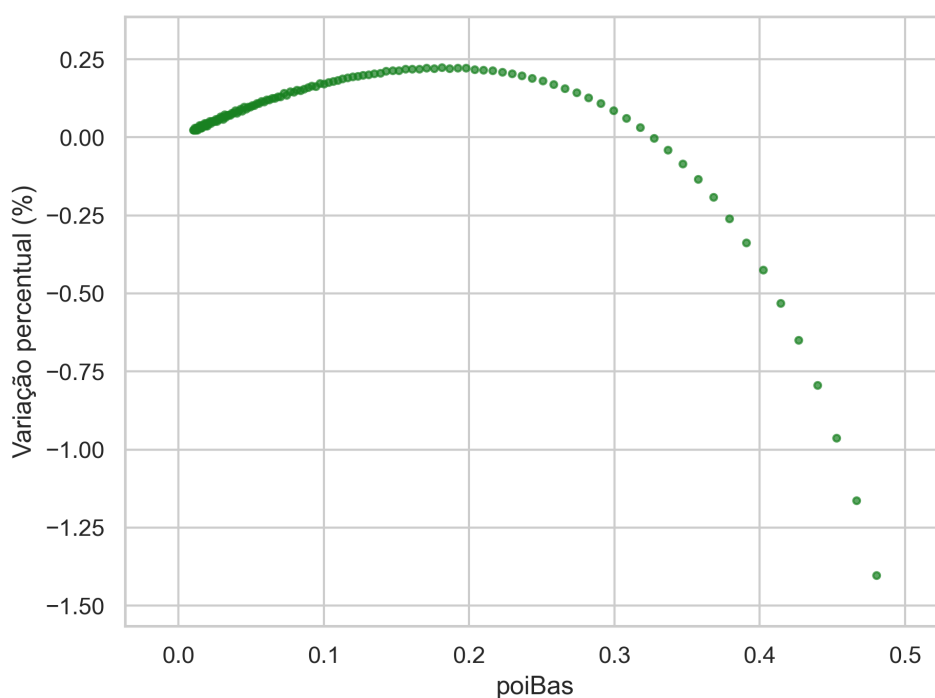
Quadro 27 – Análise descritiva do *Poisson* da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,001986
Desvio Padrão	0,000091
Máximo	-0,002148
Mínimo	-0,001879
Amplitude	0,000269
Quartil_25%	-0,002068
Mediana	-0,001960
Quartil_75%	-0,001902

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao se comparar com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples* houve um aumento na média de deformações e no desvio padrão, entretanto houve uma redução na amplitude. Do ponto de referência da variação percentual das deformações (Figura 64 e Quadro 28). A função também apresentou valores positivos entre o menor valor analisado e 0,17. Após isso, o comportamento da função assumiu um valor negativo a variação das deformações começou a reduzir, a partir de 0,33 a variação da deformação começou a ficar negativa e as deformações verticais começaram a diminuir com o aumento do coeficiente.

Figura 64 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 28 – Análise descritiva da variação do *Poisson* da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

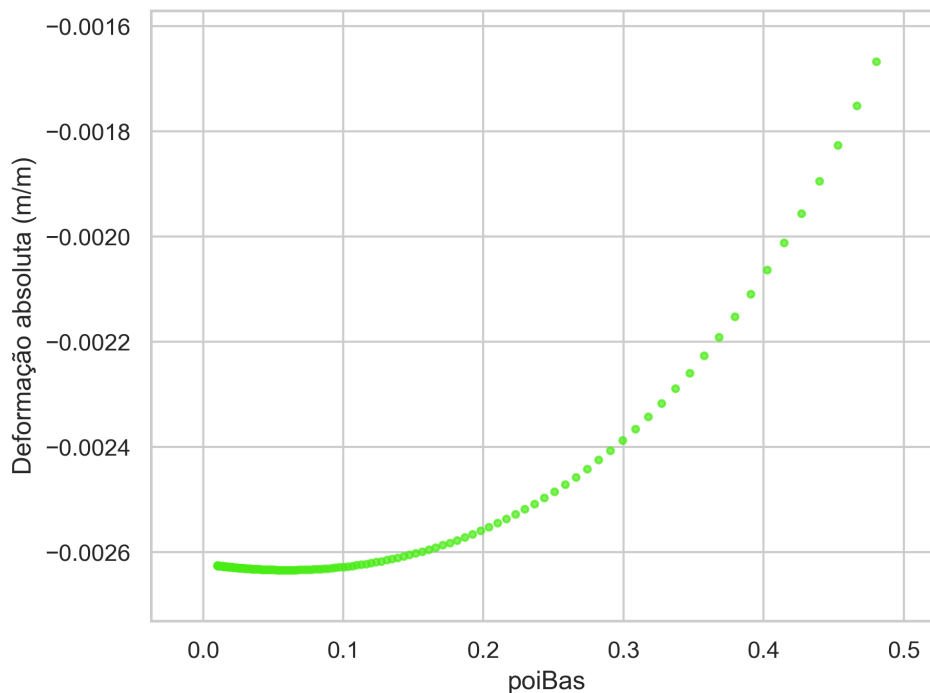
Média	0,048823
Desvio Padrão	0,243343
Mínimo	-1,402350
Máximo	0,223677
Amplitude	1,625027
Quartil_25%	0,037547
Mediana	0,085555
Quartil_75%	0,170692

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para as variações, o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* apresentou uma média de variação menor do que a aeronave de eixo simples bem como houve uma redução no desvio padrão e a amplitude total.

No *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, houve uma redução contínua nas deformações com o aumento do coeficiente de *Poisson*. Essa variação demonstrou uma diminuição das deformações na maior parte do intervalo analisado, até 0,06 houve um aumento na deformação absoluta e após isso houve uma redução constante. Como explicado para a camada de revestimento, a expansão vertical no sentido positivo Z formada pelas tensões laterais do solo causada por outras rodas contribuiu para a redução das deformações totais apresentadas (Figura 65 e Quadro 29).

Figura 65 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 29 – Análise descritiva do *Poisson* da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

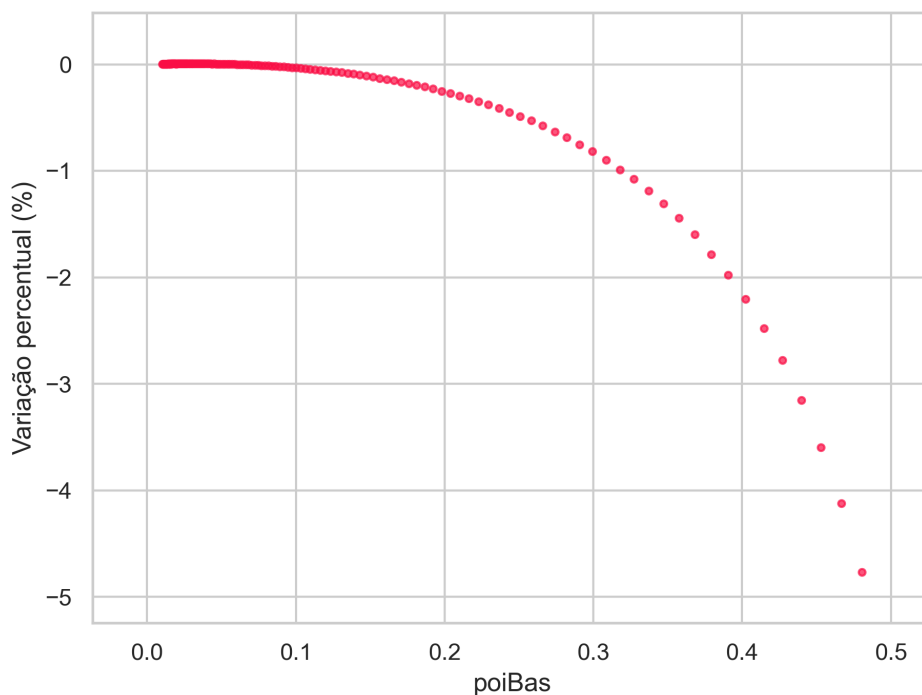
Média	-0,002544
Desvio Padrão	0,000191
Máximo	-0,002633
Mínimo	-0,001667
Amplitude	0,000966
Quartil_25%	-0,002631
Mediana	-0,002627
Quartil_75%	-0,002575

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao se comparar com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* e com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, houve um aumento da média, na amplitude e o desvio padrão.

A variação percentual começou mais lenta, mas a partir do coeficiente de *Poisson* de 0,3, houve um aumento na velocidade de decaimento, variando de 0% até quase 5% no eixo da variação percentual (Figura 66 e Quadro 30). Isso destaca a importância dessa propriedade na prevenção de deformações no pavimento real.

Figura 66 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 30 – Análise descritiva da variação do *Poisson* da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*

Média	-0,342583
Desvio Padrão	0,819715
Mínimo	-4,767029
Máximo	0,007290
Amplitude	4,774319
Quartil_25%	-0,203682
Mediana	-0,005219
Quartil_75%	0,005401

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

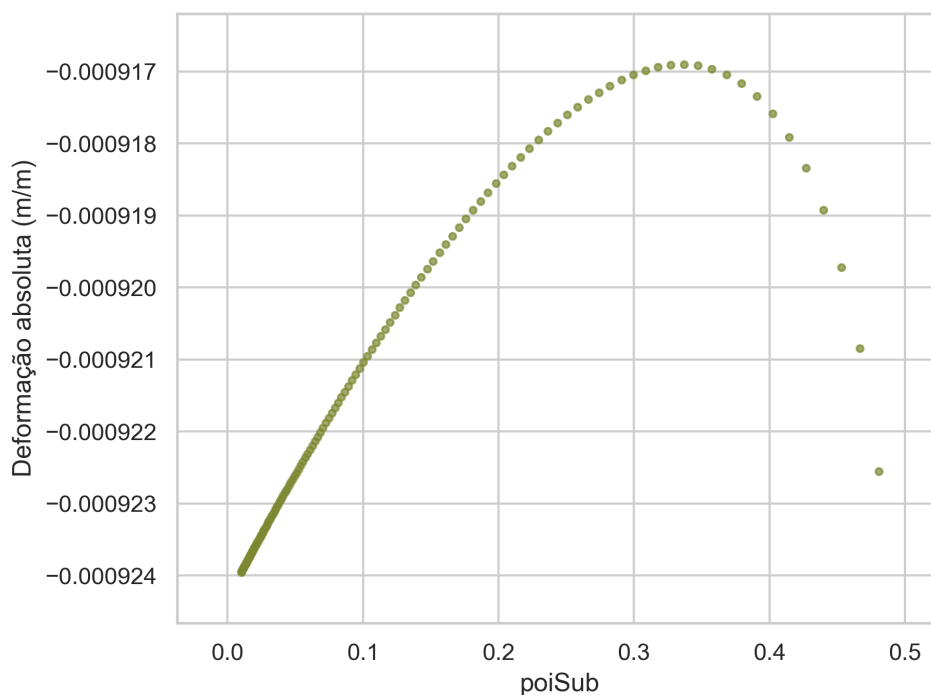
Ao se comparar os valores da análise descritiva com os do *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*, houve uma redução da média, amplitude e no desvio padrão apresentado. Comparando-se com o *Boeing 737-800 - Eixo Simples* houve uma redução da média, amplitude e desvio padrão.

4.6.2.3 Coeficiente de poisson do subleito

Para a camada de subleito do *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, (Figura 67 e Quadro 31), inicialmente, o aumento no coeficiente de *Poisson* provocou uma redução nas defor-

mações apresentadas. Esse comportamento manteve-se constante até o valor de 0,35 para o coeficiente. Após esse ponto, as deformações aumentaram rapidamente e permaneceram altas até o final do intervalo analisado.

Figura 67 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 31 – Análise descritiva do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

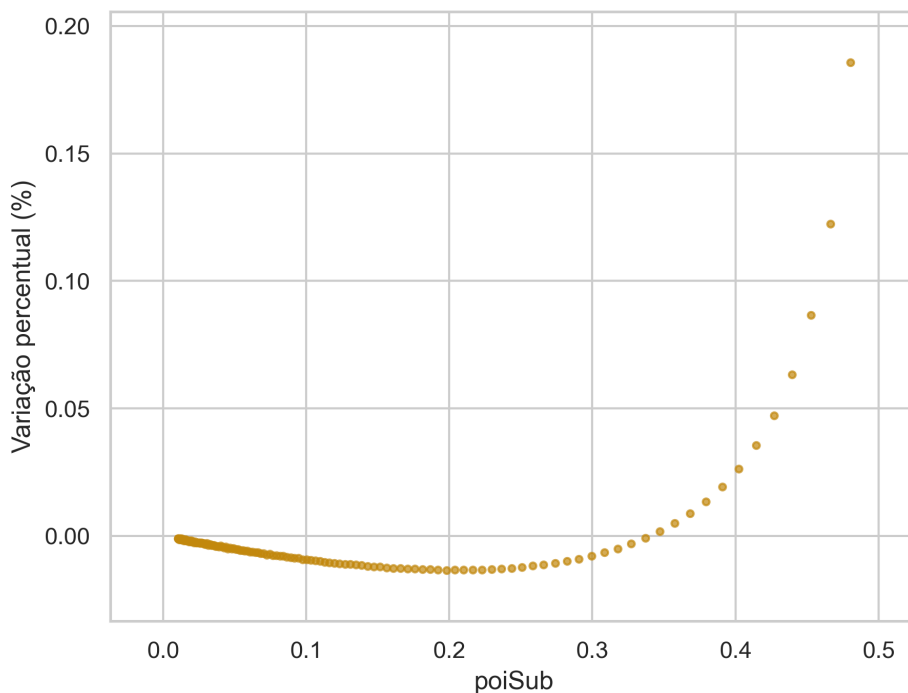
Média	-0,000921
Desvio Padrão	0,000000
Máximo	-0,000924
Mínimo	-0,000917
Amplitude	0,000007
Quartil_25%	-0,000923
Mediana	-0,000922
Quartil_75%	-0,000920

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Entre o menor valor do coeficiente de *Poisson* e 0,22, a variação percentual apresentou um comportamento descendente. Após esse valor, a variação percentual iniciou um processo de crescimento, mantendo-se dessa forma até o final do intervalo analisado (Figura 68 e Quadro 32). Em 0,34, a variação percentual zerou e a partir desse ponto assumiu um valor

estritamente positivo, porém de magnitude baixa, não ultrapassando a faixa de 0,2% em nenhum momento dentro do intervalo.

Figura 68 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

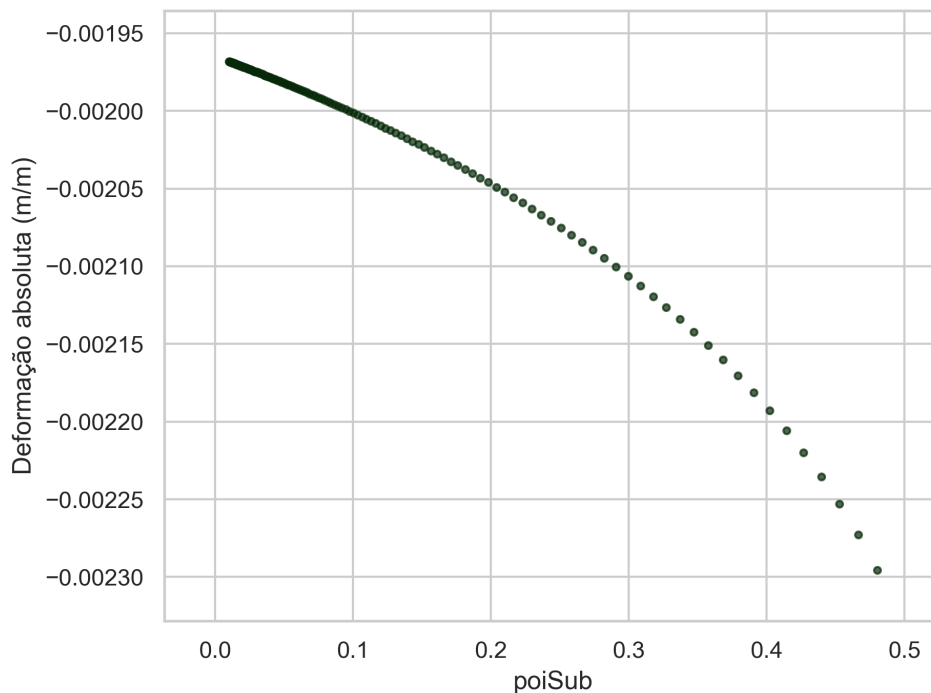
Quadro 32 – Análise descritiva da variação do *Poisson* do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,001153
Desvio Padrão	0,023538
Mínimo	-0,013459
Máximo	0,185692
Amplitude	0,199151
Quartil_25%	-0,009812
Mediana	-0,004970
Quartil_75%	-0,001885

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para a aeronave de eixos em *tandem* duplo, o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem* Duplo, desde o início apresentou deformações maiores com o aumento do coeficiente de *Poisson* do subleito. Observou-se um aumento exponencial do coeficiente angular durante todo intervalo investigado de *Poisson* (Figura 69 e Quadro 33) e confirmado com a Figura 70.

Figura 69 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

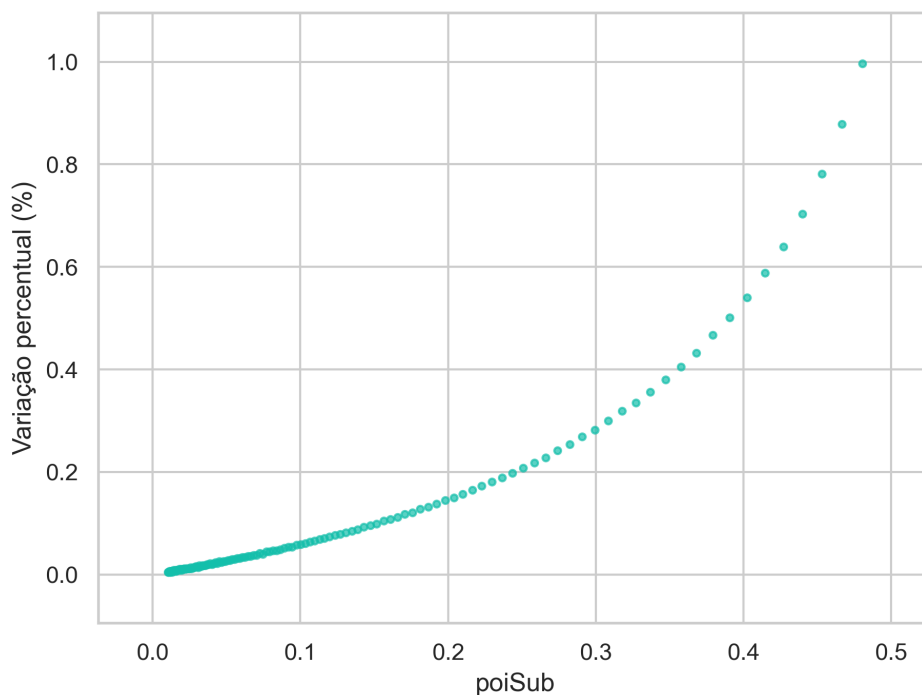
Quadro 33 – Análise descritiva do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,002021
Desvio Padrão	0,000072
Máximo	-0,002295
Mínimo	-0,001968
Amplitude	0,000327
Quartil_25%	-0,002038
Mediana	-0,001989
Quartil_75%	-0,001974

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples houve um aumento da média bem como do desvio padrão e amplitude. A variação da deformação apresentou uma tendência positiva, com as variações percentuais cada vez mais positivas com o aumento do coeficiente (Figura 70 e Quadro 34). Esse comportamento justifica a inclinação crescente da figura de deformações em razão do aumento do coeficiente angular, evidenciando uma variação que começou em 0% e avançou gradualmente até atingir 1%.

Figura 70 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 34 – Análise descritiva da variação do *Poisson* do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	0,117647
Desvio Padrão	0,183408
Mínimo	0,005059
Máximo	0,996435
Amplitude	0,991376
Quartil_25%	0,013930
Mediana	0,038006
Quartil_75%	0,129540

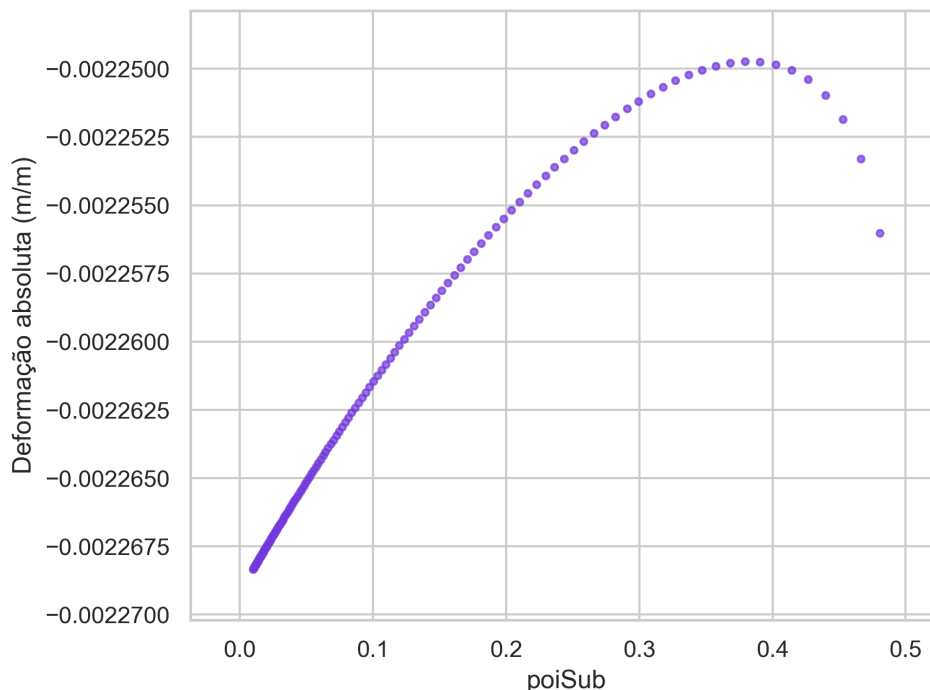
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Assim como para as deformações absolutas também houve um aumento na média, amplitude, bem como no desvio padrão quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples.

Para a aeronave com configuração de eixo triplo em *tandem* analisada, o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, observou-se uma tendência de redução das deformações até o valor de *Poisson* de 0,38, em que houve uma diminuição da deformação (Figura 71 e Quadro 35). Entretanto, a partir desse ponto, o aumento do coeficiente de *Poisson* passou a implicar no aumento da deformação absoluta; ou seja, a expansão vertical formada pelas tensões laterais a

partir desse coeficiente não conseguia mais equilibrar a deformação causada pela carga.

Figura 71 – Distribuição do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 35 – Análise descritiva do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,002262
Desvio Padrão	0,000006
Máximo	-0,002268
Mínimo	-0,002250
Amplitude	0,000018
Quartil_25%	-0,002267
Mediana	-0,002264
Quartil_75%	-0,002256

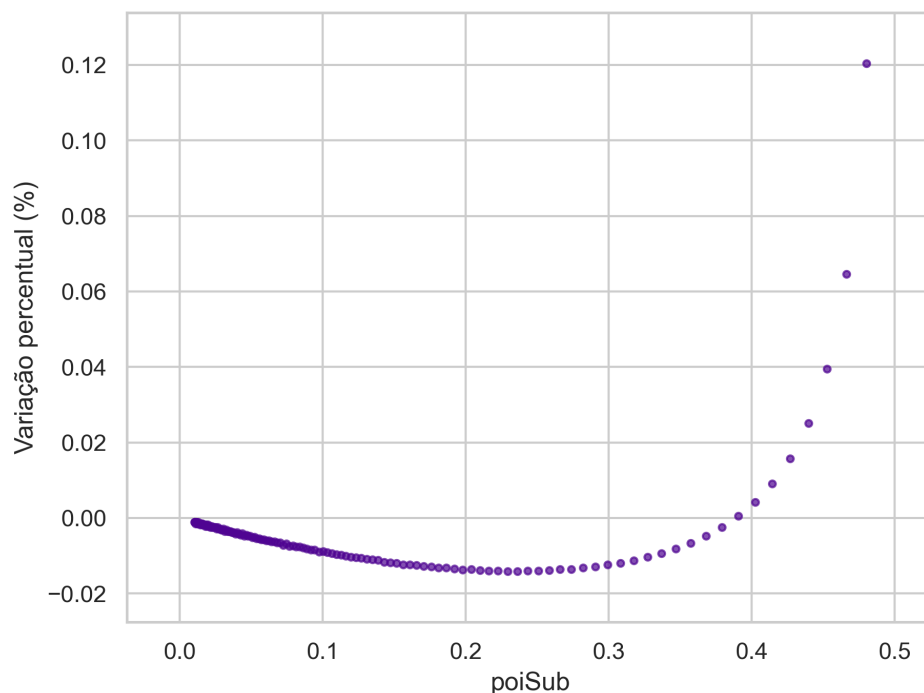
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve um aumento da média, mas uma redução na amplitude e no desvio padrão. Comparando-se com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex* houve um aumento da média, mas uma na amplitude e no desvio padrão.

A variação percentual começou decrescendo, iniciando em 0% e alcançando -0.017% para o *Poisson* de 0,25 antes de iniciar um aumento conforme o coeficiente variava. A partir desse ponto, a variação cresceu de forma constante, retornando a zero em um coeficiente de 0,39

e atingindo uma magnitude de 0,12% no final do intervalo analisado. Isso demonstra uma baixa variação das deformações em relação a esse coeficiente (Figura 72 e Quadro 36).

Figura 72 – Distribuição da variação do coeficiente de *Poisson* do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 36 – Análise descritiva da variação do *Poisson* do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,004155
Desvio Padrão	0,014305
Mínimo	-0,014075
Máximo	0,120372
Amplitude	0,134447
Quartil_25%	-0,010392
Mediana	-0,005098
Quartil_75%	-0,002166

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No quesito de variação, houve uma redução da média, do desvio padrão e da amplitude quando comparado com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*. Comparando-se com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, houve um aumento da média, mas também houve uma redução da amplitude e do desvio padrão.

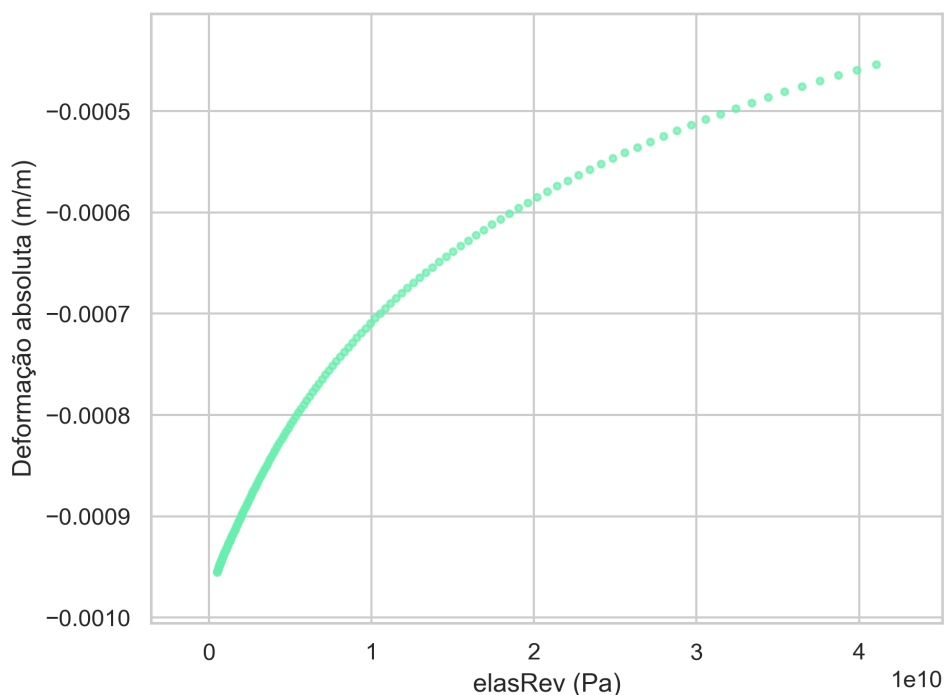
4.6.3 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade é uma característica fundamental do pavimento, pois reflete a tendência de deformação da camada de solo diante da aplicação de tensões. Quanto maior o módulo de elasticidade, menor foi a deformação resultante para uma carga específica. Essa relação é explorada e analisada nesta seção.

4.6.3.1 Módulo de elasticidade de revestimento

O aumento do módulo de elasticidade do pavimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples resultou na redução das deformações do modelo. No entanto, essa variação não foi uniforme, sendo maior nas primeiras amostras de elasticidade e menor nos módulos finais (Figura 73 e Quadro 37).

Figura 73 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

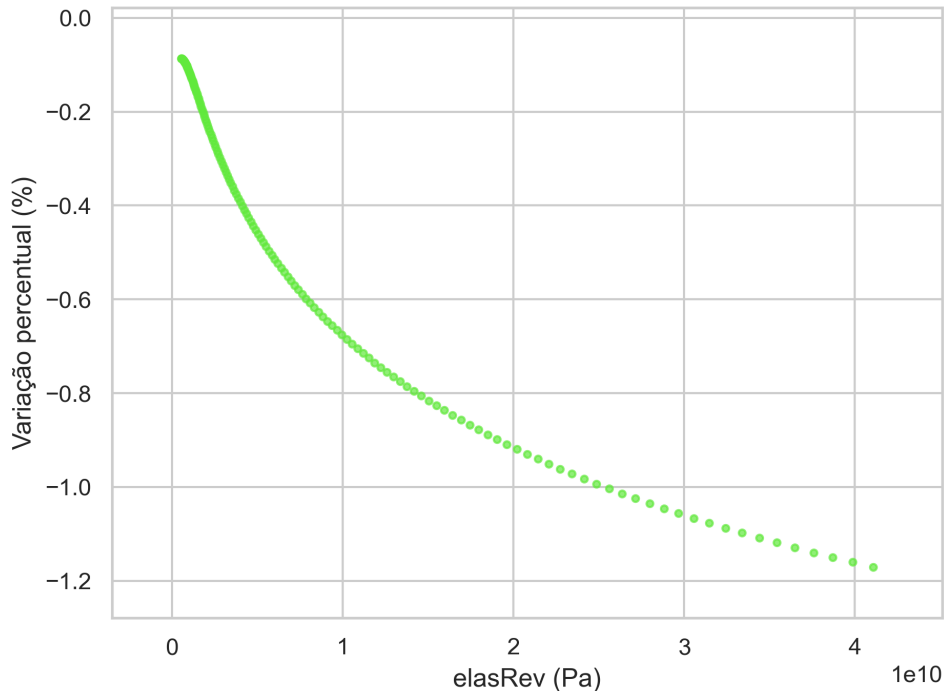
Quadro 37 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,000777
Desvio Padrão	0,000153
Máximo	-0,000955
Mínimo	-0,000454
Amplitude	0,000501
Quartil_25%	-0,000915
Mediana	-0,000820
Quartil_75%	-0,000654

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A variação da deformação durante o intervalo analisado apresentou o comportamento negativo em todo o intervalo analisado (Figura 74 e Quadro 38). Ou seja, à medida que o módulo de elasticidade aumentou, observou-se uma redução maior na deformação percentual. Adicionalmente, a magnitude da variação percentual aumentou, indicando que o aumento do módulo de elasticidade foi capaz de reduzir as deformações de maneira mais rápida.

Figura 74 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

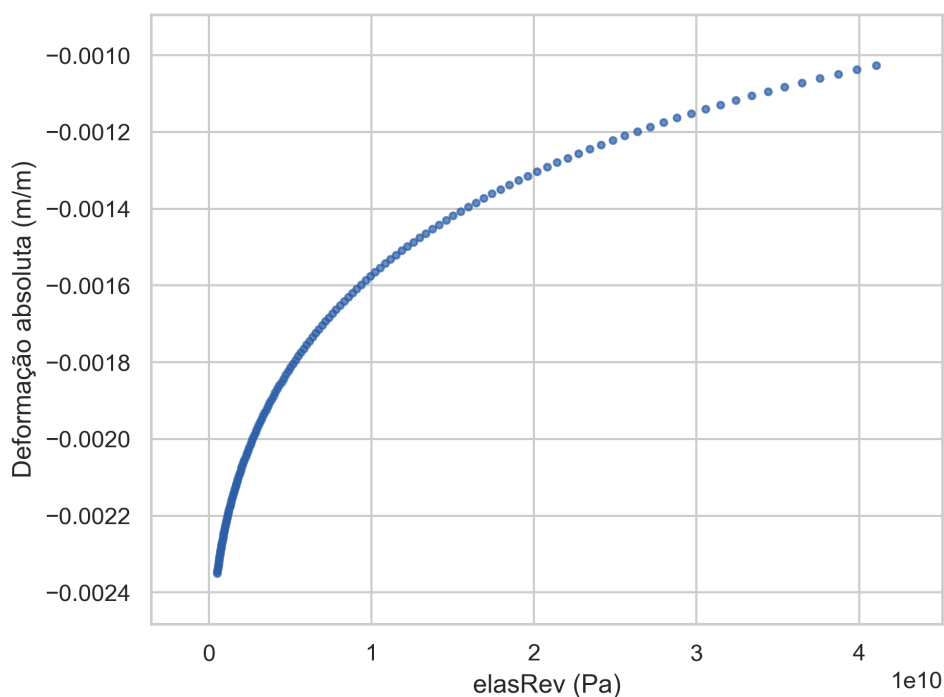
Quadro 38 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,500918
Desvio Padrão	0,340772
Mínimo	-1,170448
Máximo	-0,086852
Amplitude	1,083596
Quartil_25%	-0,787956
Mediana	-0,439110
Quartil_75%	-0,176160

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, o comportamento foi semelhante à aeronave anterior (Figura 75 e Quadro 39). Observou-se uma redução da deformação em todo o intervalo analisado com o aumento do módulo de elasticidade, essa redução foi mais rápida no início e mais lenta com o aumento do módulo de elasticidade.

Figura 75 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 39 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

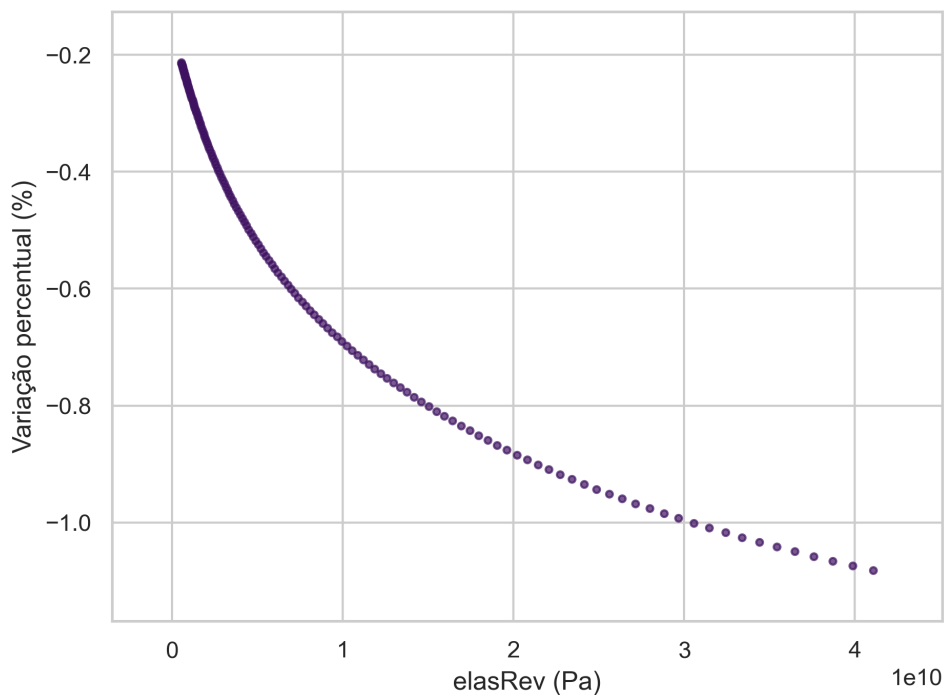
Média	-0,001784
Desvio Padrão	0,000395
Máximo	-0,002350
Mínimo	-0,001026
Amplitude	0,001324
Quartil_25%	-0,002138
Mediana	-0,001842
Quartil_75%	-0,001453

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples houve um aumento na média, bem como no desvio padrão e amplitude. Entretanto, variação percentual das deformações apresentou valores negativos em todo o intervalo analisado.

À medida que o módulo da variação percentual diminui, as deformações resultantes das cargas diminuem de forma mais rápida com o aumento do módulo de elasticidade (Figura 76 e Quadro 40). Além disso, a variação percentual mudou de forma mais lenta no início e de forma mais rápida no final do intervalo analisado.

Figura 76 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 40 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo*

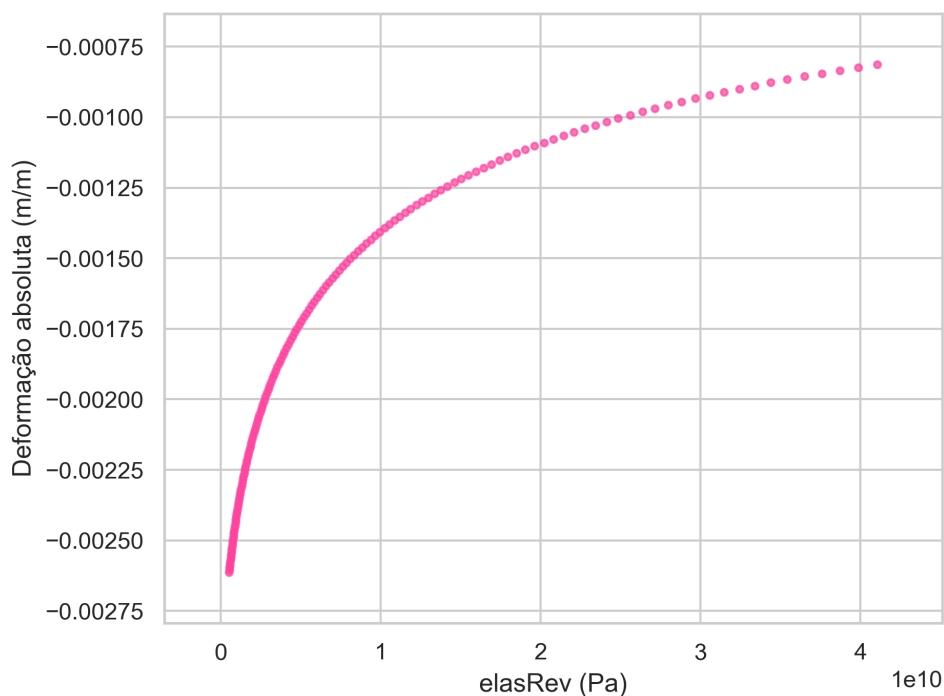
Média	-0,557690
Desvio Padrão	0,265730
Mínimo	-1,081484
Máximo	-0,213193
Amplitude	0,868291
Quartil_25%	-0,779187
Mediana	-0,508252
Quartil_75%	-0,312697

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Sobre as variações houve um aumento na média, mas uma redução na amplitude e desvio padrão apresentado quando comparado com o *Boeing 737-800 - Eixo Simples*.

Para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*, assim como para as outras duas aeronaves, o aumento no módulo de elasticidade favoreceu a redução das deformações, sendo essa cada vez mais significativa com os aumentos dos módulos de elasticidade (Figura 77 e Quadro 41).

Figura 77 – Distribuição do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 41 – Análise descritiva da elasticidade do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

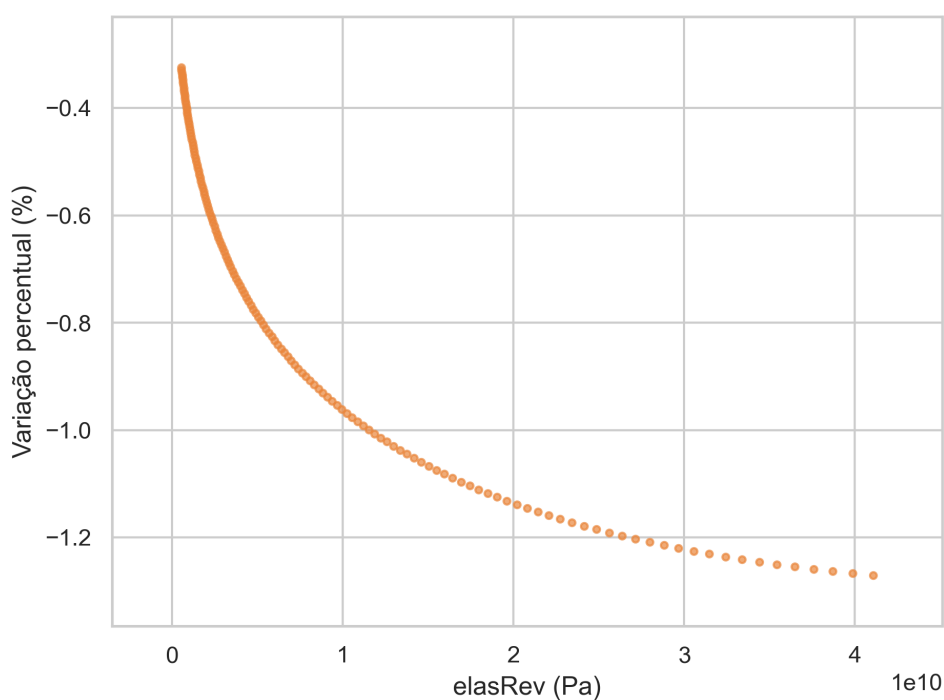
Média	-0,001745
Desvio Padrão	0,000548
Máximo	-0,002612
Mínimo	-0,000813
Amplitude	0,001799
Quartil_25%	-0,002239
Mediana	-0,001763
Quartil_75%	-0,001258

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve uma pequena redução na média, mas houve um aumento no desvio padrão e na amplitude das deformações. Quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, houve um aumento na média, no desvio padrão e na amplitude.

Assim como as duas aeronaves anteriores, o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* apresentou variações percentuais cada vez mais negativas com o aumento do módulo de elasticidade (Figura 78 e Quadro 42), corroborando com a efetividade do módulo de elasticidade da base como uma propriedade importante para a redução das deformações no subleito.

Figura 78 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do revestimento para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 42 – Análise descritiva da variação da elasticidade do revestimento para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*

Média	-0,785045
Desvio Padrão	0,291857
Mínimo	-1,270003
Máximo	-0,324742
Amplitude	0,945261
Quartil_25%	-1,046462
Mediana	-0,771071
Quartil_75%	-0,522403

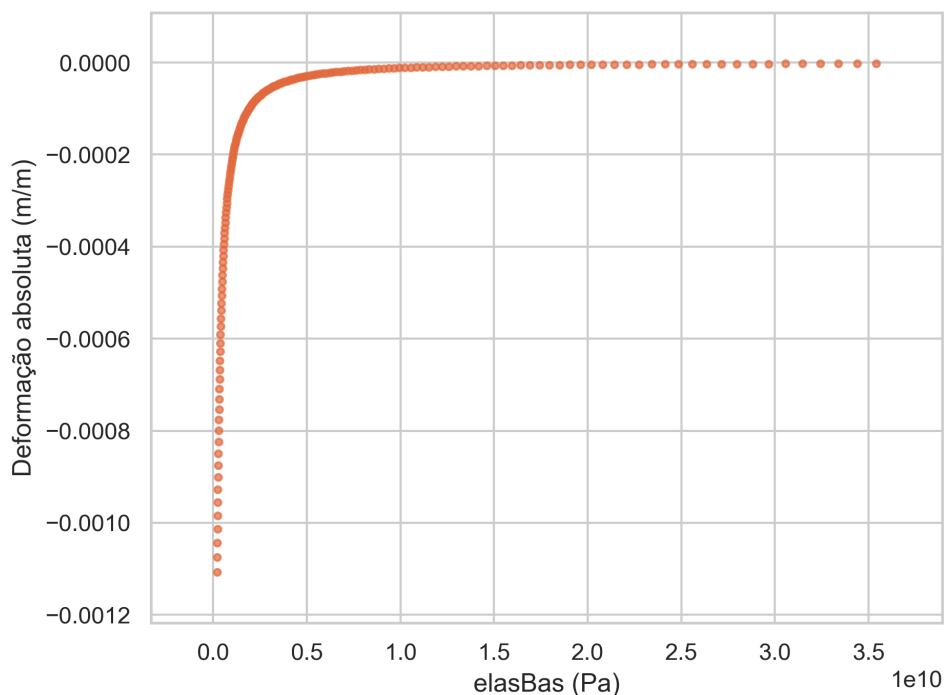
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No quesito variação, tanto comparando com o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo* houve um aumento na média, na amplitude e no desvio padrão. Comparado ao *Boeing 737-800 - Eixo Simples* houve um aumento na média, mas uma redução na amplitude e desvio padrão.

4.6.3.2 Módulo de elasticidade de base

No *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, o aumento do módulo de elasticidade da camada de base resultou em uma redução rápida das deformações reportadas (Figura 79 e Quadro 43). Esse comportamento foi observado até atingir 2000 MPa. Posteriormente, houve uma estabilização das deformações em comparação com o primeiro trecho. No entanto, o comportamento do segundo trecho só pode ser adequadamente analisado no gráfico de variações, uma vez que, devido à grande variação inicial, não é possível identificar claramente o padrão visualmente.

Figura 79 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

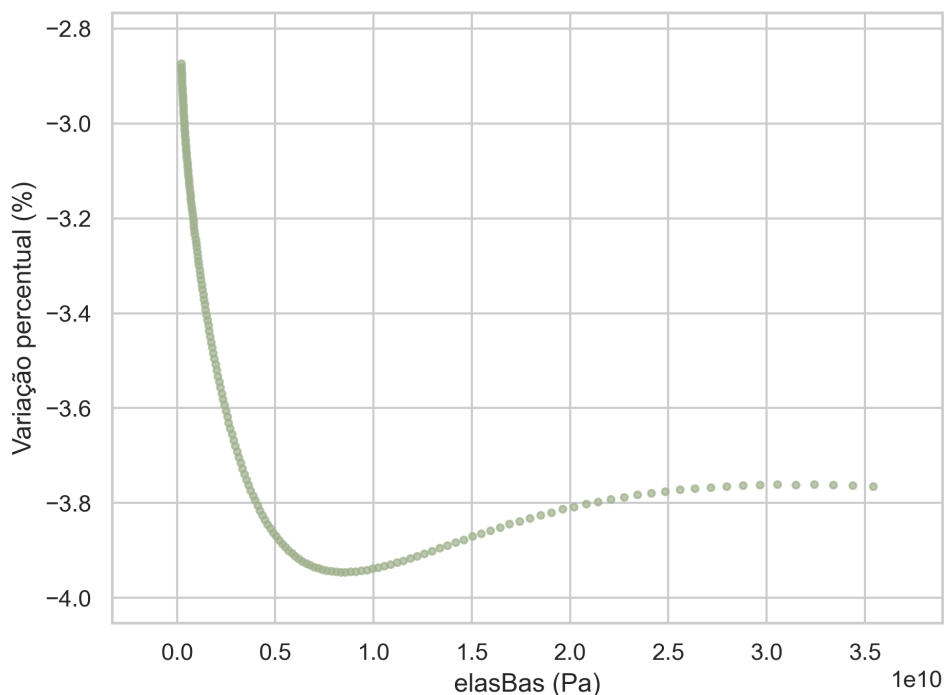
Quadro 43 – Análise descritiva da elasticidade da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-0,000204
Desvio Padrão	0,000278
Máximo	-0,001107
Mínimo	-0,000002
Amplitude	0,001105
Quartil_25%	-0,000291
Mediana	-0,000065
Quartil_75%	-0,000012

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Desde o menor módulo de elasticidade analisado, foi observada uma variação negativa decrescente (Figura 80 e Quadro 44). Esse padrão continuou até atingir $7,5 \times 10^9$ m/m a partir do qual a variação percentual negativa começou a mostrar-se menos eficaz com o aumento da elasticidade. Esse comportamento persistiu até 27×10^9 , em que novamente houve uma mudança na concavidade da função de variação percentual das deformações.

Figura 80 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

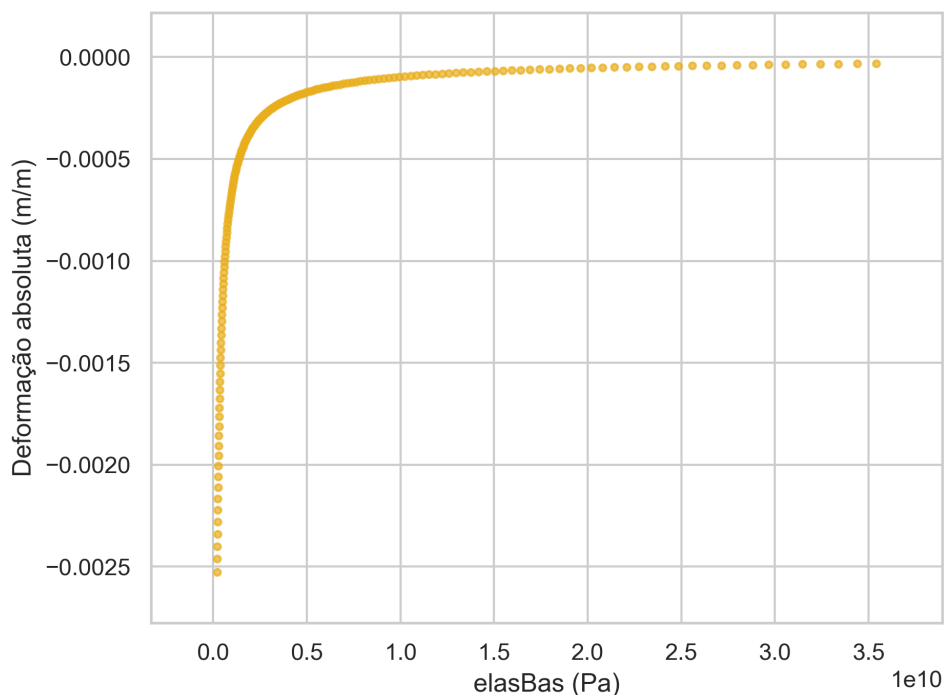
Quadro 44 – Análise descritiva da variação da elasticidade da base para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	-3,526388
Desvio Padrão	0,355826
Mínimo	-3,945226
Máximo	-2,873965
Amplitude	1,071261
Quartil_25%	-3,844408
Mediana	-3,649114
Quartil_75%	-3,185401

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, observou-se uma variação rápida na deformação absoluta (Figura 81 e Quadro 45) com o aumento do módulo de elasticidade da base. Essa variação se estabilizou para valores mais elevados de elasticidade. No entanto, a transição da região de alta variabilidade para a região de baixa variabilidade ocorreu de maneira mais suave, o que pode ser atribuído ao aumento do número de rodas do *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*. Esse aumento resultou em um maior número de pontos de aplicação de carga no pavimento, influenciando na suavização da transição entre os diferentes níveis de elasticidade.

Figura 81 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 45 – Análise descritiva da elasticidade da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,000570
Desvio Padrão	0,000638
Máximo	-0,002526
Mínimo	-0,000032
Amplitude	0,002494
Quartil_25%	-0,000829
Mediana	-0,000283
Quartil_75%	-0,000099

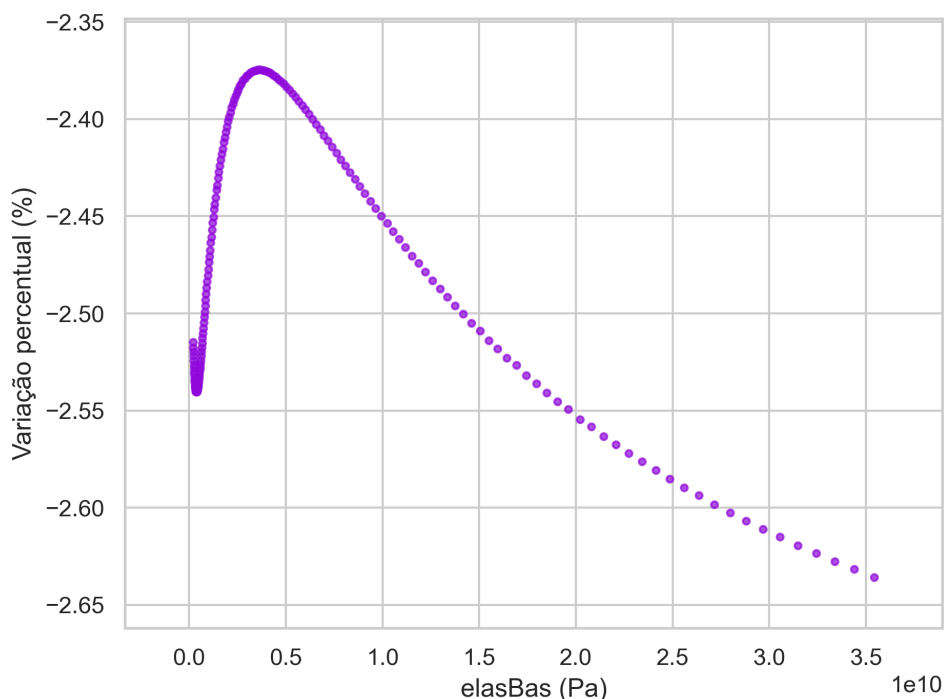
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex* houve um aumento na média das deformações bem como no desvio padrão e a na amplitude da global das deformações. A variação percentual, embora negativa em todo o intervalo analisado, apresentou duas mudanças de concavidade (Figura 82 e Quadro 46).

Inicialmente, a variação percentual começou diminuindo, mas logo a partir de 8×10^9 Pa, começou a aumentar, indicando um trecho em que o aumento do módulo de elasticidade, embora reduzisse as deformações, não teve um comportamento constante. Em um valor de elasticidade de 4×10^9 Pa, ocorreu a segunda inversão de concavidade, fazendo com que a

partir desse valor a variação percentual se tornasse mais negativa, representando um aumento na eficácia da redução das deformações do subleito.

Figura 82 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 46 – Análise descritiva da variação da elasticidade da base para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-2,476599
Desvio Padrão	0,071600
Mínimo	-2,635711
Máximo	-2,374488
Amplitude	0,261223
Quartil_25%	-2,533824
Mediana	-2,481722
Quartil_75%	-2,407101

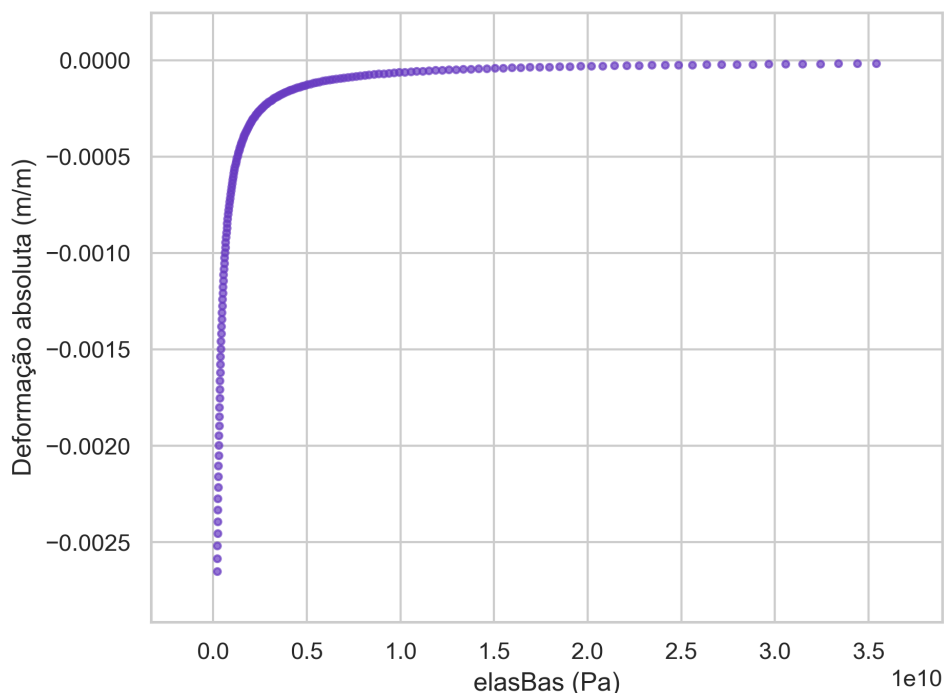
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Entretanto, quanto a média de variação das deformações quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex*, houve uma redução da média, bem como do desvio padrão e amplitude da variação global das deformações.

Para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, da mesma forma que nas outras aeronaves, houve uma rápida redução das deformações do subleito com o aumento do módulo

de elasticidade, seguido por um trecho de baixa variabilidade (Figura 83 e Quadro 47). Esta distribuição foi analisada por meio da variação das deformações no subleito.

Figura 83 – Distribuição do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 47 – Análise descritiva da elasticidade da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,000562
Desvio Padrão	0,000682
Máximo	-0,002650
Mínimo	-0,000017
Amplitude	0,002633
Quartil_25%	-0,000834
Mediana	-0,000237
Quartil_75%	-0,000064

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

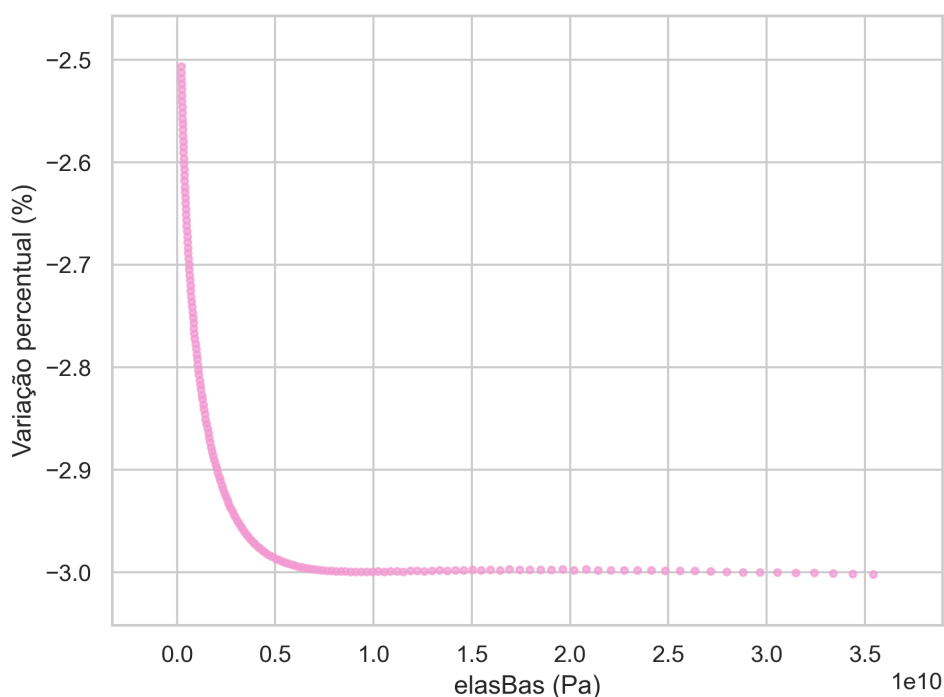
Comparando com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve uma redução da média, mas um aumento do desvio padrão e da amplitude. Já comparando com o *Boeing 737-800* - Eixo simples houve um aumento na média, no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações.

Também houve uma diferença quando foram comparados os gráficos de deformações,

no *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo, a variação é mais rápida, uma vez que há um aumento de carga e, como a camada da base está mais distante do ponto de aplicação de carga, a conformação lateral colabora menos com a redução dos esforços. Comparando-se com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, houve um aumento na média, bem como no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações.

A variação do módulo de elasticidade produziu uma rápida redução da variação percentual da deformação vertical no topo do subleito. Entre o primeiro valor simulado e 5×10^9 , reduziu de -2.5% até 3%. No entanto, ao atingir 3%, a derivada da variação percentual com relação à elasticidade manteve-se constante. Isso indica que, embora haja uma redução na deformação do ponto, ela ocorre de forma menos exponencial do que na primeira parte da função (Figura 84 e Quadro 48).

Figura 84 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade da base para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 48 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade da base para o *Boeing 777-300 - Eixo Tandem Triplo*

Média	-2,862649
Desvio Padrão	0,156690
Mínimo	-3,001842
Máximo	-2,506399
Amplitude	0,495443
Quartil_25%	-2,997854
Mediana	-2,938078
Quartil_75%	-2,742458

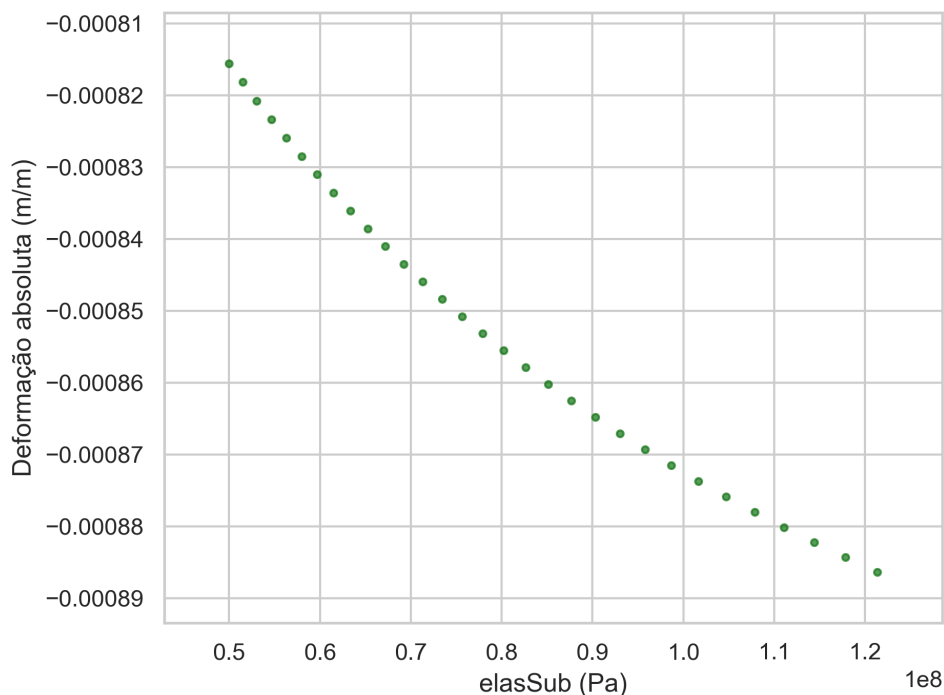
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quando comparadas as variações, comparando com o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo* houve uma redução na média, bem como no desvio padrão e amplitude da variação global das deformações. Já comparando com o com o *Boeing 737-800 - Eixo Simples*, houve um aumento da média, bem como do desvio padrão e da amplitude da variação global das deformações.

4.6.3.3 Módulo de elasticidade do subleito

Para a elasticidade do subleito, o *Boeing 737-800 - Eixo Simples* apresentou deformações crescentes com o aumento do módulo de elasticidade. No entanto, a amplitude do módulo de elasticidade para o subleito foi menor do que a amplitude analisada para outras variáveis, o que não nos permite concluir sobre um intervalo mais abrangente. Entretanto, infere-se, dado o comportamento da reta de deformações, que a deformação para a aeronave, tenderia a ser menor, com o aumento do módulo de elasticidade (Figura 85 e Quadro 49).

Figura 85 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 49 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

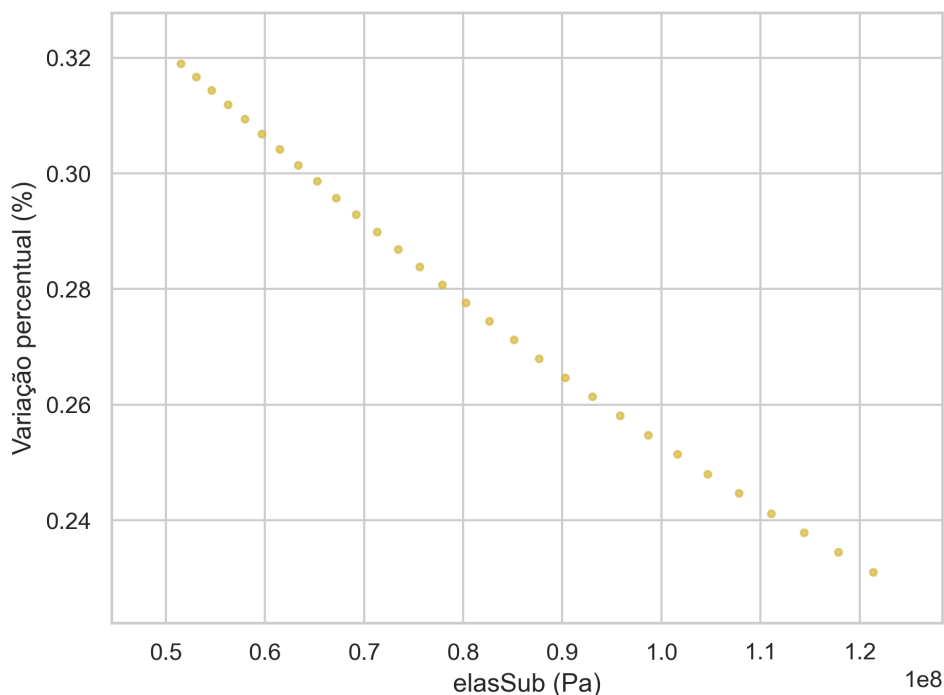
Média	-0,000852
Desvio Padrão	0,000021
Máximo	-0,000886
Mínimo	-0,000816
Amplitude	0,000070
Quartil_25%	-0,000870
Mediana	-0,000853
Quartil_75%	-0,000835

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As variações percentuais foram positivas durante todo o intervalo de análise, ilustrando o aumento da deformação com o módulo de elasticidade (Figura 86 e Quadro 49). Apesar disso, a função de variação percentual pela elasticidade do subleito começou a reduzir, indicando uma tendência para que a variação percentual chegue a 0% ou mesmo fique negativa.

Essa análise contribui para a conclusão de que o trecho de aumento das deformações é apenas para o intervalo analisado, e quando a variação percentual encontrar e eventualmente ultrapassar o eixo das abscissas, a deformação do subleito começará a reduzir com o aumento do módulo de elasticidade. Entretanto o valor de 0,32% é pequeno e demonstra que há uma baixa variação na deformação do ponto no topo do subleito com o módulo de elasticidade do subleito.

Figura 86 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

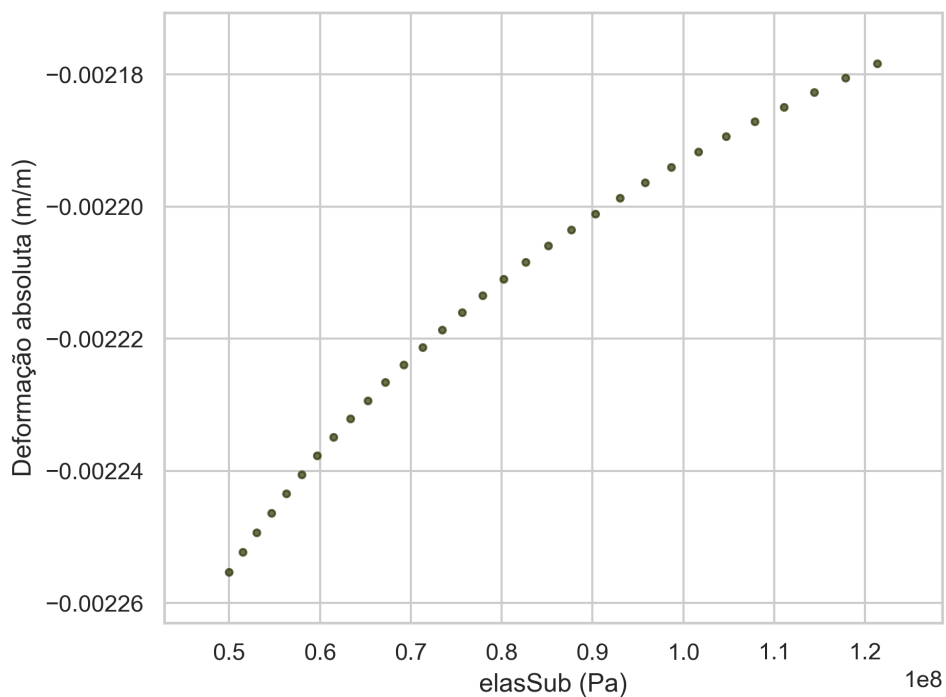
Quadro 50 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade do subleito para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	0,277725
Desvio Padrão	0,026604
Mínimo	0,231097
Máximo	0,318986
Amplitude	0,087889
Quartil_25%	0,255610
Mediana	0,279183
Quartil_75%	0,300729

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* apresentou deformações decrescentes durante todo o intervalo analisado (Figura 87 e Quadro 51). No entanto, devido à amplitude analisada para a elasticidade do subleito, não foi possível identificar o ponto em que a tendência de variação das deformações começaria a estabilizar, assim como observado nas deformações reportadas pelas outras camadas para o módulo de elasticidade.

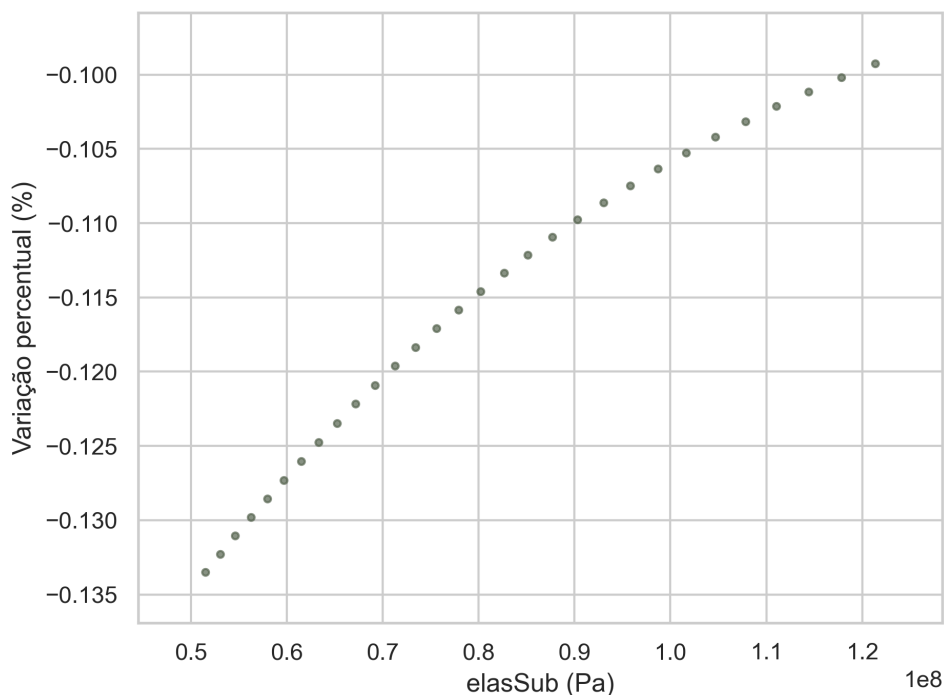
Figura 87 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Do ponto de vista das variações, observou-se uma variação de deformação negativa durante todo o intervalo analisado (Figura 88 e Quadro 51). No entanto, o comportamento da função de variação percentual em relação à elasticidade do subleito tendeu a 0%, podendo até mesmo alcançar valores positivos. É importante ressaltar que a maior magnitude de variação percentual reportada com o módulo de elasticidade do subleito foi de -0.135%.

Figura 88 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 51 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,002215
Desvio Padrão	0,000023
Mínimo	-0,002255
Máximo	-0,002178
Amplitude	0,000077
Quartil_25%	-0,002234
Mediana	-0,002213
Quartil_75%	-0,002195

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em comparação com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, houve um aumento na média, no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações. Em relação à variação do *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, a média decresceu, da mesma forma que o desvio padrão e a amplitude da variação global das deformações (Quadro 52).

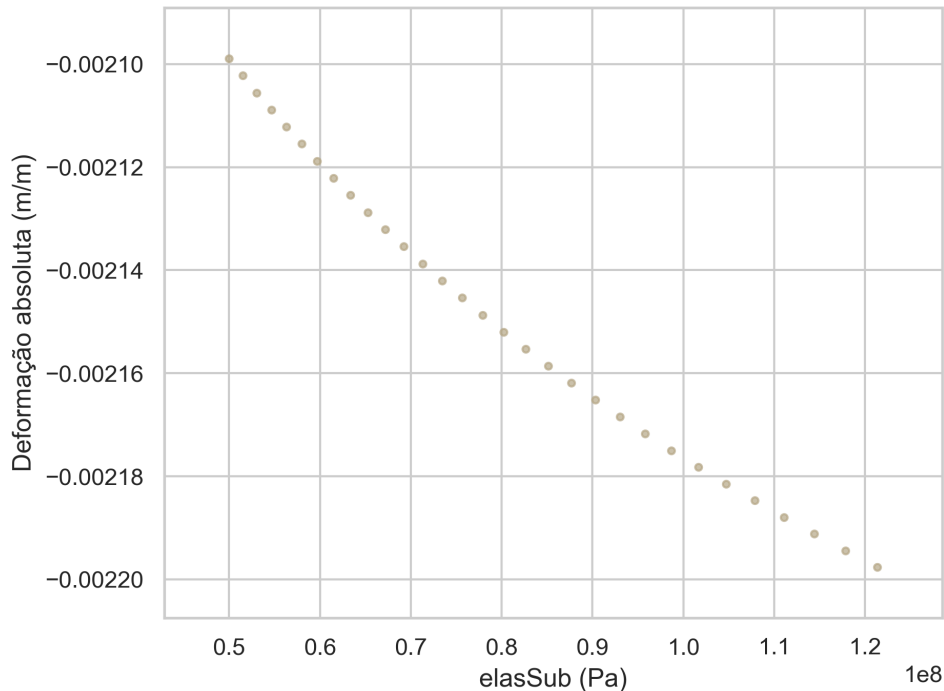
Quadro 52 – Análise descritiva da variação da elasticidade do subleito para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,115641
Desvio Padrão	0,010417
Mínimo	-0,133482
Máximo	-0,099257
Amplitude	0,034225
Quartil_25%	-0,124424
Mediana	-0,115209
Quartil_75%	-0,106632

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* (Quadro 53), observou-se um comportamento similar ao do *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, em que um aumento no módulo de elasticidade resultou em um aumento da deformação para o intervalo analisado. No entanto, ao observar o formato da curva apresentada na Figura 89, infere-se que as deformações eventualmente começariam a reduzir com um módulo de elasticidade maior reportado no subleito.

Figura 89 – Distribuição do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 53 – Análise descritiva da elasticidade do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

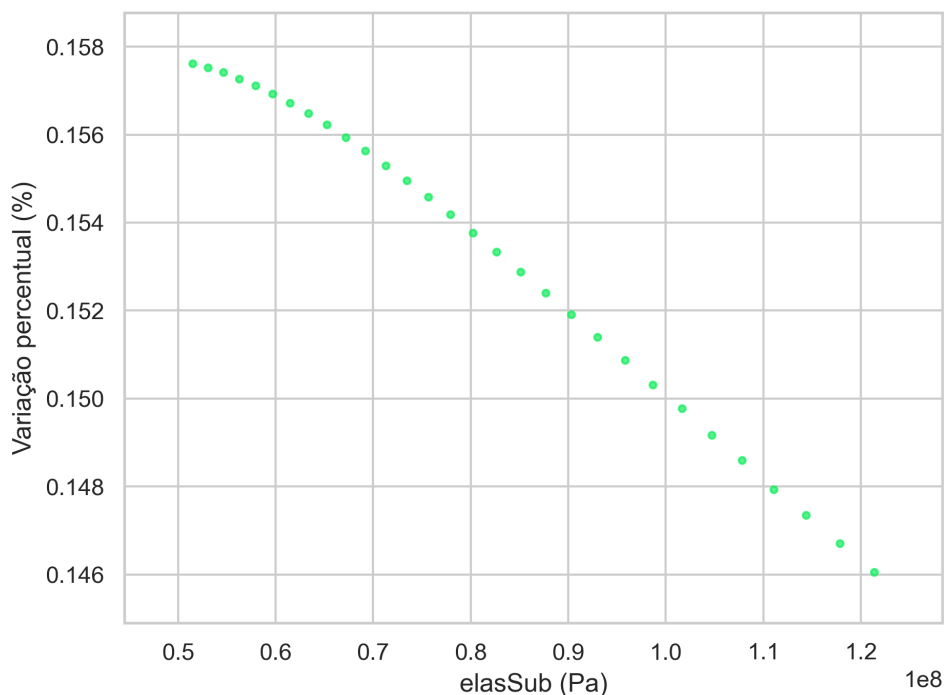
Média	-0,002149
Desvio Padrão	0,000029
Máximo	-0,002198
Mínimo	-0,002099
Amplitude	0,000099
Quartil_25%	-0,002173
Mediana	-0,002149
Quartil_75%	-0,002124

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Entretanto, ao se comparar as variações com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, houve uma redução da média, mas houve um aumento do desvio padrão e da amplitude da variação global das deformações. Quando comparado com o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, aumentaram a média e o desvio padrão, mas reduziu a amplitude das deformações.

Também houve uma semelhança entre o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo* e o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples* em relação à variação das deformações. As variações percentuais foram positivas em todo o intervalo analisado, indicando um aumento da deformação com o aumento da elasticidade. No entanto, observou-se uma tendência de decréscimo da variação percentual, podendo atingir 0% e valores negativos (Figura 90 e Quadro 54). Isso sugere uma possível redução das deformações absolutas para valores de módulo de elasticidade maiores que os investigados nesse estudo. Além disso, a baixa magnitude dessa variação percentual sugere que as deformações no subleito são resistentes a mudanças da elasticidade do subleito.

Figura 90 – Distribuição da variação do módulo de elasticidade do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 54 – Análise descritiva da variação da variável elasticidade do subleito para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	0,153212
Desvio Padrão	0,003568
Mínimo	0,146060
Máximo	0,157615
Amplitude	0,011555
Quartil_25%	0,150457
Mediana	0,153977
Quartil_75%	0,156417

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Sobre a variação das deformações quando comparado com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* houve um aumento na média mas uma redução no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações. Entretanto, para o *Boeing 737-800* - Eixo *Simplex* houve uma redução na média, no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações.

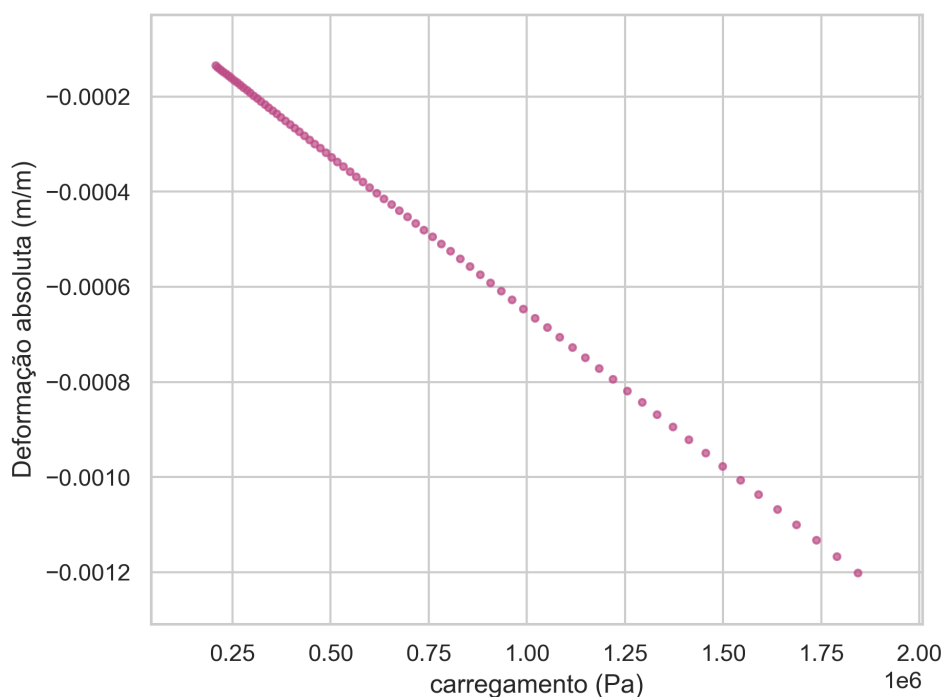
4.6.4 Carregamento da aeronave

O carregamento de uma aeronave é a força aplicada pela aeronave no pavimento, sendo este o agente das deformações nas operações de pouso e decolagem. Com o aumento da

carga aplicada, espera-se que haja um aumento na deformação reportada no topo do subleito, comportamento que foi verificado a seguir.

Para a aeronave com eixo simples de rodas duplas, conforme o esperado, o aumento na carga da camada acarretou o aumento da deformação absoluta do subleito (Figura 91 e Quadro 55). O aumento não foi constante e para as menores cargas havia pouca variação entre as simulações, enquanto para as maiores cargas havia um valor mais perceptível.

Figura 91 – Distribuição da pressão dos pneus da aeronave para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 55 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

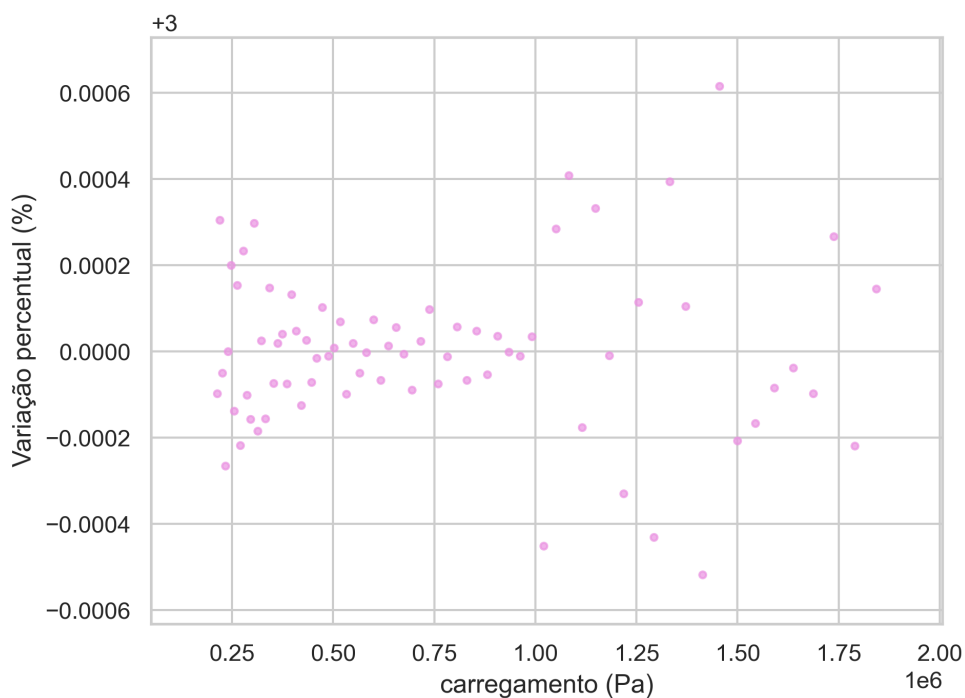
Média	-0,000490
Desvio Padrão	0,000302
Máximo	-0,001202
Mínimo	-0,000135
Amplitude	0,001067
Quartil_25%	-0,000696
Mediana	-0,000403
Quartil_75%	-0,000233

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As variações de deformação com o aumento da carga foram baixas. A variação percentual da deformação com o aumento da carga foi sempre da ordem de $10^{-4}\%$, ora positivo,

ora negativo, mas sempre com baixa magnitude ao comparar a variação percentual da deformação com a variação da pressão dos pneus (Figura 92 e Quadro 56), também não houve um comportamento uniforme no gráfico de variações percentuais.

Figura 92 – Distribuição da variação da Pressão dos Pneus da aeronave para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

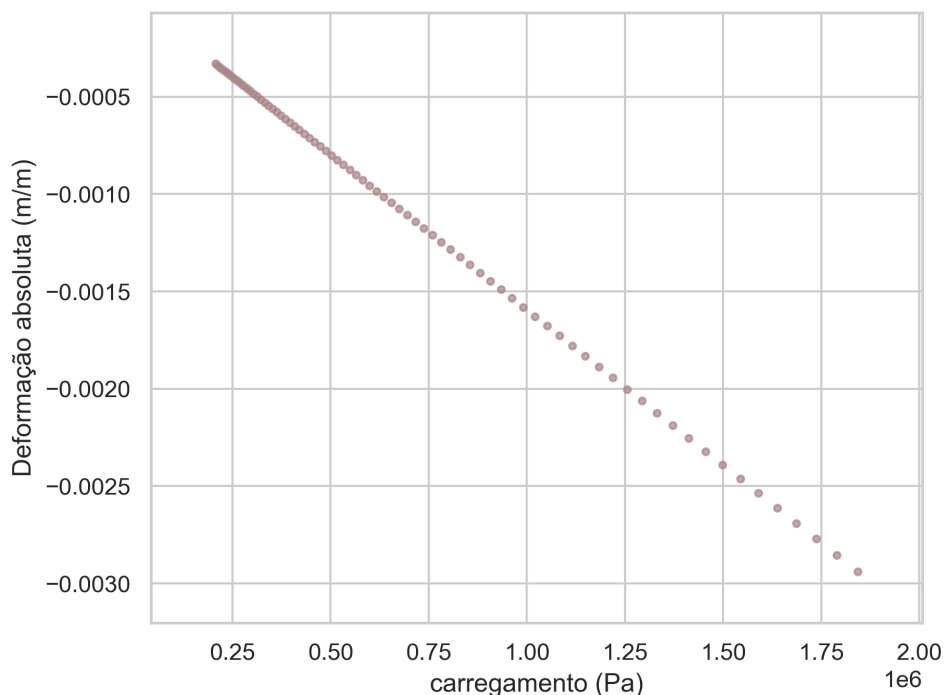
Quadro 56 – Análise descritiva da variação da pressão dos pneus para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples

Média	3,000000
Desvio Padrão	0,000189
Mínimo	2,999482
Máximo	3,000616
Amplitude	0,001134
Quartil_25%	2,999905
Mediana	3,000000
Quartil_75%	3,000073

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Assim como a aeronave de eixos simples, o aumento da carga levou ao aumento das deformações (Figura 93 e Quadro 57). Também, assim como na primeira aeronave, essa diferença entre simulações foi menor para as menores cargas, enquanto para as maiores cargas houve maior dispersão entre os valores de deformação absoluta.

Figura 93 – Distribuição da Pressão dos Pneus da aeronave para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

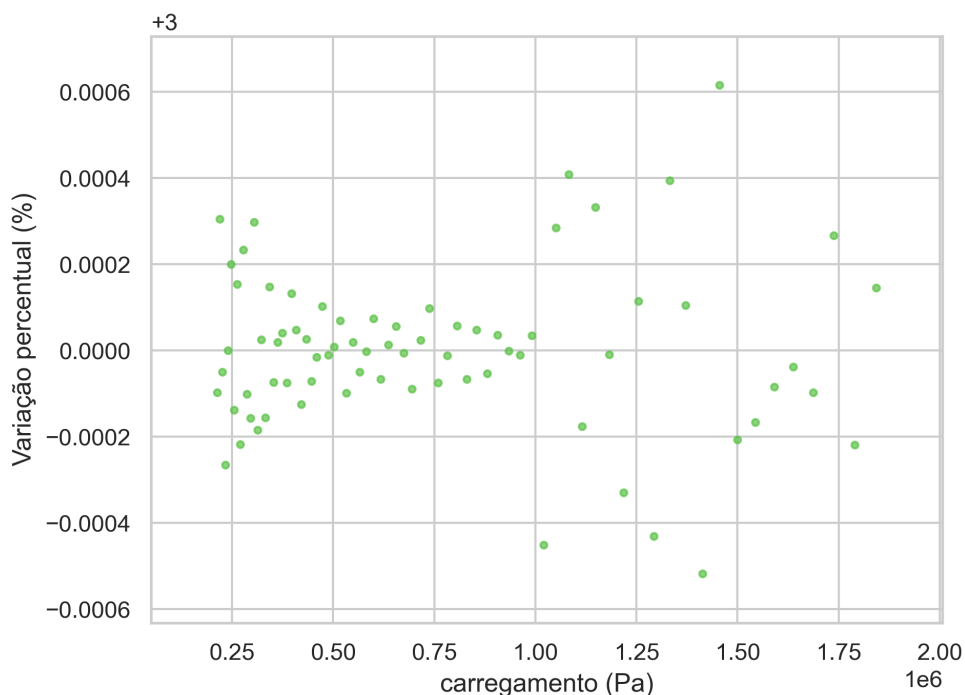
Quadro 57 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	-0,001199
Desvio Padrão	0,000739
Máximo	-0,002940
Mínimo	-0,000330
Amplitude	0,002610
Quartil_25%	-0,001702
Mediana	-0,000985
Quartil_75%	-0,000570

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando a pressão dos pneus com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, registra-se um aumento da média, do desvio padrão e da amplitude da variação global das deformações. As variações percentuais se mostraram bastante dispersas com o aumento da carga transmitida pela aeronave para o pavimento (Figura 94 e Quadro 58). Ora assumindo valores positivos, ora negativos, sem um comportamento bem definido, mas sempre com baixa magnitude, da ordem de $10^{-4}\%$. Logo, não foi possível inferir um comportamento claro sobre essas variações.

Figura 94 – Distribuição da variação da pressão dos pneus da aeronave para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

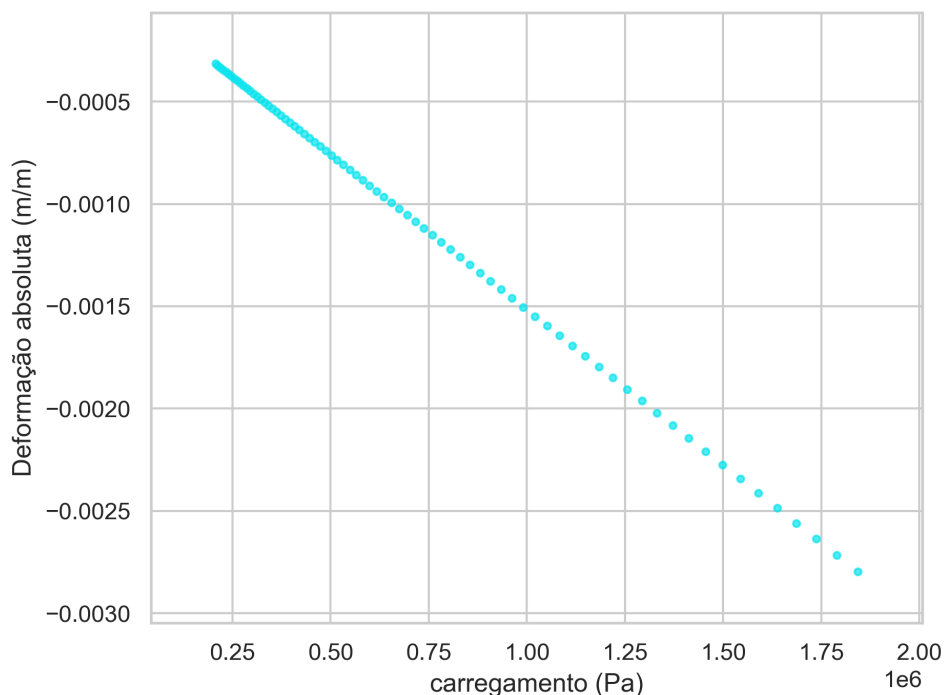
Quadro 58 – Análise descritiva da variação da pressão dos pneus para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*

Média	3,000000
Desvio Padrão	0,000189
Mínimo	2,999482
Máximo	3,000616
Amplitude	0,001134
Quartil_25%	2,999905
Mediana	3,000000
Quartil_75%	3,000073

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Comparando-se as variações com o *Boeing 737-800* - Eixo Simples, houve uma constância da média da variação bem como do desvio padrão e amplitude da variação global das deformações. Assim como as outras duas aeronaves, a aeronave com eixo em *tandem* triplo, *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, também apresentou tendência de aumento constante com o aumento da carga, exibindo variações de simulação menores no início e maiores no fim do intervalo analisado (Figura 95 e Quadro 59).

Figura 95 – Distribuição da pressão dos pneus da aeronave para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 59 – Análise descritiva da pressão dos pneus para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*

Média	-0,001141
Desvio Padrão	0,000703
Máximo	-0,002798
Mínimo	-0,000314
Amplitude	0,002484
Quartil_25%	-0,001619
Mediana	-0,000937
Quartil_75%	-0,000542

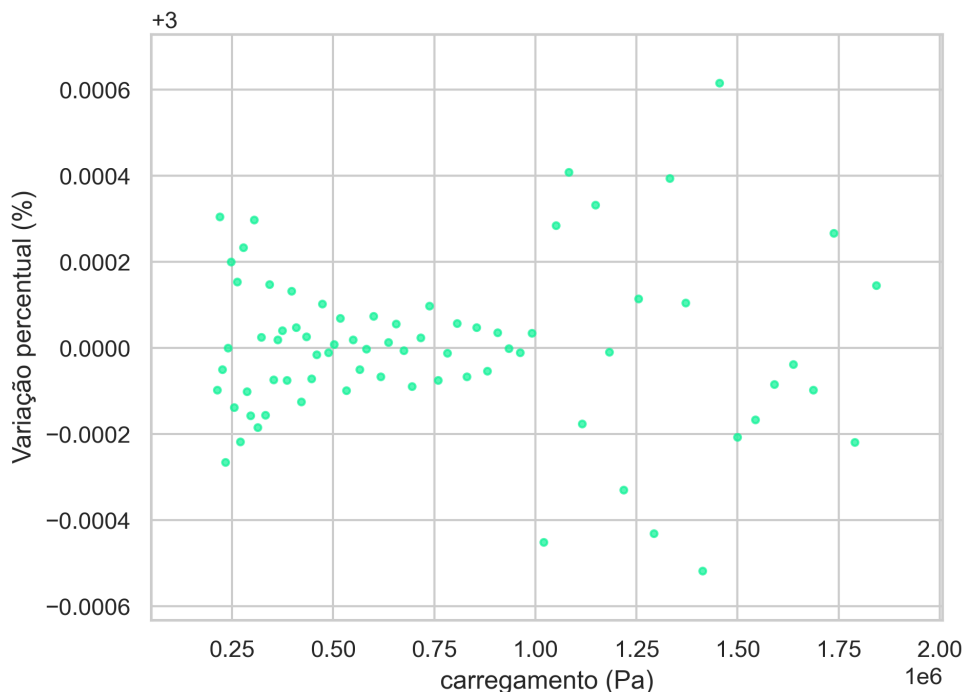
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em comparação com o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo*, a média reduziu, porém o desvio padrão e a amplitude se elevaram. Por sua vez, tendo como parâmetro o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, registra-se um aumento na média das deformações, bem como do desvio padrão e a amplitude da variação global.

A deformação da aeronave *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*, também exibiu variações dispersas e de magnitude reduzida ($10^{-4}\%$), como ilustrado na Figura 96, apresentando semelhanças com outras aeronaves, apesar de ter mais pontos de aplicação da carga, os valores assumidos são menores no início do intervalo analisado e maiores no final dele. No entanto, não

demonstrando um comportamento singular e definido de forma clara.

Figura 96 – Distribuição da variação da pressão dos pneus da aeronave para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Ao comparar a pressão dos pneus entre o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* e o *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, observou-se uma estabilidade na média da variação, assim como no desvio padrão e na amplitude da variação global das deformações.

4.7 Teste de *bootstrap* e Welch

Neste segmento, são exibidos os resultados da teste de *bootstrap* para as estruturas de eixo dos aviões *Boeing 737-800* - Eixo *Simples*, *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* e *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem Triplo*. O teste de *bootstrap* foi adotada para comparar as médias de várias amostras das propriedades avaliadas em pistas de aeroportos, utilizando o método de elementos finitos elásticos. Mesmo diante da presença de valores *outliers* nas amostras, essa análise possibilita identificar quais grupos apresentam diferenças estatisticamente relevantes nos parâmetros das pistas.

Foi aplicado o teste de Welch nas subamostras de variação percentual do teste de *bootstrap*. Os dados foram organizados em duas colunas, representando as propriedades

avaliadas. \bar{x}_{01} e \bar{x}_{02} denotam as respectivas médias esperadas para estas propriedades, Estat.T representa a diferença média estatisticamente esperada entre as duas propriedades, obtida usando o do teste de *bootstrap* combinado com o teste *Welch*. \bar{t}_{inf} é o intervalo de confiança inferior para a média esperada. A hipótese nula (que as médias dos valores possuem a mesma média) foi rejeitada quando o valor da Estat.T ficou abaixo do intervalo de t_{inf} a infinito, visto que a análise de maior valor deve ser feita em uma distribuição unicaudal. Para esses casos a hipótese alternativa era aceita e a propriedade 1 tinha uma variação maior do que a propriedade 2

Cada simulação partiu do pavimento padrão com alteração de apenas uma propriedade, portanto as amostras foram independentes a cada nova simulação. Além disso, acrescenta-se que foram simulados todos os intervalos de valores encontrados na bibliografia para cada uma das propriedades, garantindo assim a representatividade da amostra da amostra. Por fim, o uso de pelo menos 30 simulações para cada propriedade simulada garantiu que as amostras que alimentaram o teste não fossem muito pequenas.

4.7.1 Teste para a estrutura de eixo simples - Boeing 737-800 - eixo simples

Os resultados do teste de *bootstrap* em que houve rejeição da hipótese nula estão apresentados na Tabela 16. Dentre as comparações, os grupos que apareceram mais vezes como estatisticamente maiores foram o módulo de elasticidade do subleito que apareceu 8 vezes, módulo de elasticidade da base que apareceu 7 vezes e a espessura do revestimento 6 vezes.

Foi também observada a presença de grupos que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, indicando que para estes pares não é possível afirmar que a propriedade 1 era estatisticamente mais importante nas deformações do subleito em questão. Essas propriedades estão dispostas na Tabela 17. Nestas, as variáveis mais frequentes foram espessura da base (8 vezes), pressão dos pneus (7 vezes) e coeficiente de *Poisson* do subleito (6 vezes).

4.7.2 Teste para a estrutura de eixo tandem duplo - Boeing 767-300

Os resultados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 767-300 - Eixo Tandem Duplo* com rejeição da hipótese nula estão apresentados na Tabela 18. Nas comparações, os grupos que apareceram mais vezes como estatisticamente maiores foram o módulo de espessura do revestimento que apareceu 8 vezes, módulo de elasticidade da base que apareceu 7 vezes e *Poisson* do revestimento 6 vezes. A respeito das propriedades que mais apareceram dentre as

Tabela 16 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples com rejeição da hipótese nula

01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
elasSub	elasBas	1230,52	-2,68	284,52	1226,07
elasSub	pressao	1228,67	1,83	283,76	1219,73
elasSub	elasRev	1227,28	-0,81	283,36	1220,96
elasSub	poiRev	1223,41	0,10	283,27	1216,21
elasSub	poiSub	1226,52	0,39	282,29	1218,98
elasSub	espRev	1220,69	-1,29	281,76	1214,84
elasSub	poiBas	1224,38	-0,30	281,68	1217,53
elasSub	espBas	1220,15	85,21	262,71	1127,84
poiRev	poiSub	0,10	0,39	-202,31	-0,30
pressao	espBas	1,82	85,64	-279,03	-84,31
poiRev	espBas	0,10	84,85	-282,95	-85,24
poiSub	espBas	0,39	85,52	-284,69	-85,62
poiBas	espBas	-0,30	85,97	-286,26	-86,76
elasRev	espBas	-0,81	85,36	-287,28	-86,66
espRev	espBas	-1,29	85,64	-287,73	-87,43
elasBas	espBas	-2,68	85,32	-292,95	-88,50
poiSub	pressao	0,39	1,82	-316,06	-1,43
espRev	elasRev	-1,29	-0,81	-391,58	-0,47
elasRev	poiBas	-0,81	-0,30	-404,17	-0,51
poiRev	pressao	0,10	1,83	-407,40	-1,73
poiBas	poiSub	-0,30	0,40	-450,81	-0,70
elasBas	espRev	-2,68	-1,28	-452,92	-1,40
poiBas	pressao	-0,30	1,82	-492,42	-2,13
elasBas	elasRev	-2,69	-0,81	-575,15	-1,88
elasRev	pressao	-0,81	1,83	-601,95	-2,65
poiBas	poiRev	-0,30	0,10	-640,52	-0,40
elasRev	poiSub	-0,81	0,39	-656,70	-1,21
espRev	pressao	-1,29	1,83	-733,88	-3,12
elasBas	poiBas	-2,69	-0,30	-767,90	-2,39
elasRev	poiRev	-0,81	0,10	-777,41	-0,91
elasBas	pressao	-2,68	1,82	-857,00	-4,51
elasBas	poiRev	-2,69	0,10	-906,93	-2,79
elasBas	poiSub	-2,69	0,40	-913,96	-3,09
espRev	poiSub	-1,29	0,40	-1121,70	-1,68
espRev	poiBas	-1,28	-0,30	-1399,93	-0,98
espRev	poiRev	-1,29	0,10	-2903,71	-1,38

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

quais não é possível afirmar maior influência, obteve-se a elasticidade do subleito (8 vezes), espessura da base (7 vezes) e elasticidade do subleito (6 vezes).

Dentre as combinações testadas algumas não tiveram a hipótese nula rejeitada. Em destaque, temos as combinações para o módulo de elasticidade do subleito que no *Boeing 737-800* - Eixo Simples teve a igualdade rejeitada em todos os testes. Porém, para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem Duplo* não foi possível atestar diferenças estatísticas para a propriedade. Dentre as combinações em que não foi possível rejeitar a hipótese inicial as que apareceram com mais frequência foram o módulo de elasticidade do subleito (8 vezes), a espessura da base (7

Tabela 17 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 737-800* - Eixo Simples com aceitação da hipótese nula

	01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
poiRev	espRev		0,10	-1,29	2897,38	1,38
poiBas	espRev		-0,30	-1,28	1403,64	0,98
poiSub	espRev		0,39	-1,28	1122,24	1,67
poiSub	elasBas		0,39	-2,68	909,02	3,07
poiRev	elasBas		0,10	-2,68	905,00	2,78
pressao	elasBas		1,82	-2,69	865,17	4,50
poiRev	elasRev		0,10	-0,81	781,85	0,91
poiBas	elasBas		-0,30	-2,69	769,55	2,38
pressao	espRev		1,82	-1,29	724,30	3,10
poiSub	elasRev		0,39	-0,81	657,39	1,20
poiRev	poiBas		0,10	-0,30	639,11	0,40
pressao	elasRev		1,82	-0,81	597,57	2,63
elasRev	elasBas		-0,81	-2,68	572,72	1,86
pressao	poiBas		1,83	-0,30	499,35	2,12
espRev	elasBas		-1,28	-2,69	455,31	1,40
poiSub	poiBas		0,39	-0,30	448,97	0,69
pressao	poiRev		1,82	0,10	406,98	1,72
poiBas	elasRev		-0,30	-0,81	402,58	0,51
elasRev	espRev		-0,81	-1,28	388,84	0,47
pressao	poiSub		1,82	0,40	320,12	1,42
espBas	elasBas		85,68	-2,69	294,66	87,87
espBas	espRev		85,67	-1,28	290,59	86,46
espBas	elasRev		85,25	-0,81	286,36	85,57
espBas	poiBas		85,46	-0,30	285,39	85,27
espBas	poiRev		85,87	0,10	285,03	85,28
espBas	poiSub		85,10	0,39	284,08	84,21
espBas	pressao		85,86	1,82	280,13	83,55
poiSub	poiRev		0,39	0,10	201,58	0,29
espBas	elasSub		85,16	1231,42	-264,20	-1153,40
poiRev	elasSub		0,10	1225,96	-281,84	-1233,02
espRev	elasSub		-1,28	1221,17	-282,25	-1229,58
elasRev	elasSub		-0,81	1222,70	-282,54	-1230,64
poiBas	elasSub		-0,30	1230,74	-282,93	-1238,20
poiSub	elasSub		0,40	1231,11	-283,02	-1237,86
pressao	elasSub		1,81	1233,12	-283,05	-1238,46
elasBas	elasSub		-2,68	1225,03	-283,45	-1234,83

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

vezes) e a elasticidade do revestimento (6 vezes) (Tabela 19).

4.7.3 Teste para a estrutura de eixo tandem triplo - Boeing 777-300

Os resultados do teste de *bootstrap*, com rejeição da hipótese nula para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo, estão na Tabela 20. Observa-se que, assim como no caso do *Boeing 737-800* - Eixo Simples, não foi possível atestar que nenhuma propriedade apresentava maior variação das deformações do que o módulo de elasticidade do subleito. Para comparações realizadas, os grupos que apareceram mais vezes como estatisticamente maiores foram o módulo

Tabela 18 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem*
Duplo com rejeição da hipótese nula

	01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
elasRev	espBas		2,52	4,03	-58,89	-1,55
pressao	elasRev		1,81	2,52	-59,05	-0,73
pressao	espBas		1,82	4,04	-94,42	-2,26
espRev	elasBas		-2,06	-1,63	-134,09	-0,43
poiSub	espBas		0,10	4,05	-170,88	-3,98
poiBas	espBas		-0,02	4,08	-176,38	-4,14
poiRev	espBas		-0,12	4,06	-181,32	-4,22
poiSub	elasRev		0,10	2,53	-215,88	-2,44
poiBas	elasRev		-0,02	2,54	-228,24	-2,59
poiRev	elasRev		-0,12	2,53	-235,77	-2,67
elasBas	espBas		-1,63	4,06	-244,37	-5,72
espRev	espBas		-2,06	4,03	-263,87	-6,12
espBas	elasSub		4,06	222,82	-277,49	-220,05
elasRev	elasSub		2,54	221,95	-279,03	-220,71
pressao	elasSub		1,82	222,13	-279,99	-221,60
poiSub	elasSub		0,10	222,59	-282,04	-223,78
poiBas	elasSub		-0,02	222,41	-282,32	-223,73
poiRev	elasSub		-0,12	223,90	-283,68	-225,32
espRev	elasSub		-2,06	222,67	-284,66	-226,03
elasBas	elasSub		-1,63	222,52	-286,11	-225,44
poiRev	poiBas		-0,12	-0,02	-355,75	-0,10
elasBas	elasRev		-1,63	2,52	-357,61	-4,17
poiSub	pressao		0,10	1,82	-404,40	-1,73
espRev	elasRev		-2,06	2,54	-406,67	-4,62
poiBas	pressao		-0,02	1,82	-433,26	-1,85
poiBas	poiSub		-0,02	0,10	-447,41	-0,13
poiRev	pressao		-0,12	1,81	-453,87	-1,94
elasBas	poiRev		-1,63	-0,12	-485,28	-1,51
elasBas	poiBas		-1,63	-0,02	-516,99	-1,61
elasBas	poiSub		-1,62	0,10	-559,03	-1,73
elasBas	pressao		-1,63	1,82	-657,28	-3,46
espRev	pressao		-2,06	1,83	-898,47	-3,89
espRev	poiBas		-2,06	-0,02	-2292,55	-2,04
espRev	poiRev		-2,06	-0,12	-2303,88	-1,94
poiRev	poiSub		-0,12	0,10	-2489,47	-0,22
espRev	poiSub		-2,06	0,10	-2548,48	-2,16

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

de elasticidade do subleito (8 vezes), módulo de espessura do revestimento (7 vezes) e a elasticidade da base (6 vezes).

Entretanto, algumas combinações não tiveram a hipótese nula rejeitada, como pode ser observado na Tabela 21. Dentre as combinações testadas, as propriedades mais frequentes foram a espessura da base (8 vezes), seguida da pressão dos pneus (7 vezes) e a elasticidade do revestimento (6 vezes).

Tabela 19 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 767-300* - Eixo *Tandem* Duplo com aceitação da hipótese nula

	01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
poiSub	espRev		0,10	-2,06	2544,59	2,16
poiSub	poiRev		0,10	-0,12	2480,12	0,22
poiRev	espRev		-0,12	-2,06	2300,42	1,94
poiBas	espRev		-0,02	-2,06	2299,33	2,03
pressao	espRev		1,82	-2,06	889,78	3,87
pressao	elasBas		1,82	-1,63	654,77	3,44
poiSub	elasBas		0,10	-1,63	558,92	1,73
poiBas	elasBas		-0,02	-1,63	520,14	1,60
poiRev	elasBas		-0,12	-1,62	485,52	1,50
pressao	poiRev		1,82	-0,12	457,37	1,94
poiSub	poiBas		0,10	-0,02	446,80	0,13
pressao	poiBas		1,82	-0,02	431,42	1,83
elasRev	espRev		2,52	-2,06	406,35	4,56
pressao	poiSub		1,82	0,10	405,27	1,71
poiBas	poiRev		-0,02	-0,12	359,08	0,10
elasRev	elasBas		2,53	-1,63	356,39	4,14
elasSub	espRev		222,85	-2,06	285,82	223,61
elasSub	elasBas		222,32	-1,63	284,20	222,65
elasSub	poiBas		223,57	-0,02	282,94	222,29
elasSub	poiSub		222,24	0,10	282,65	220,84
elasSub	poiRev		221,44	-0,12	280,98	220,26
elasSub	pressao		222,66	1,82	279,41	219,54
elasSub	elasRev		223,22	2,53	279,06	219,39
elasSub	espBas		223,74	4,07	278,57	218,37
espBas	espRev		4,06	-2,06	262,80	6,08
espBas	elasBas		4,04	-1,63	243,85	5,63
elasRev	poiRev		2,52	-0,12	234,84	2,62
elasRev	poiBas		2,51	-0,02	226,48	2,52
elasRev	poiSub		2,52	0,10	215,51	2,40
espBas	poiRev		4,06	-0,12	180,79	4,14
espBas	poiBas		4,07	-0,02	176,66	4,05
espBas	poiSub		4,06	0,10	170,83	3,91
elasBas	espRev		-1,63	-2,06	133,83	0,42
espBas	pressao		4,03	1,82	94,37	2,18
espBas	elasRev		4,05	2,53	59,29	1,48
elasRev	pressao		2,52	1,82	58,39	0,68

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.7.4 Testes de *bootstrap* para comparar as mesmas propriedades entre diferentes aeronaves

Além dos testes entre propriedades diferentes dentro de uma mesma aeronave que apresentaram diferenças estatisticamente significativas, decidiu-se conduzir testes comparando a mesma propriedade de pavimento entre aeronaves diferentes. O objetivo foi verificar se para algum tipo de eixo, alguma das propriedades se comportaria de maneira distinta, devendo ser priorizada caso o *mix* de aeronaves em um aeródromo apresente mais aeronaves de um tipo de eixo do que outro (Tabela 22).

A espessura e o coeficiente de *Poisson* do revestimento foram maiores para o *Boeing*

Tabela 20 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo com rejeição da hipótese nula

	01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
elasSub	elasBas		397,79	-1,55	285,00	397,03
elasSub	espRev		396,38	-1,67	284,03	395,74
elasSub	elasRev		398,74	1,14	283,23	395,29
elasSub	poiSub		398,44	0,27	282,84	395,85
elasSub	pressao		398,18	1,81	282,82	394,06
elasSub	poiBas		394,97	-0,21	282,66	392,89
elasSub	poiRev		395,32	0,05	282,41	392,96
elasSub	espBas		397,96	3,91	281,14	391,74
espRev	elasBas		-1,67	-1,56	-23,28	-0,12
elasRev	pressao		1,15	1,82	-80,84	-0,68
pressao	espBas		1,81	3,92	-119,26	-2,14
poiSub	elasRev		0,27	1,14	-123,03	-0,88
elasRev	espBas		1,14	3,91	-149,02	-2,80
poiRev	elasRev		0,05	1,15	-157,01	-1,11
poiBas	elasRev		-0,21	1,14	-193,01	-1,37
poiSub	espBas		0,27	3,93	-212,75	-3,69
poiRev	poiSub		0,05	0,27	-214,39	-0,22
poiRev	espBas		0,05	3,91	-225,21	-3,89
poiBas	espBas		-0,21	3,91	-240,23	-4,15
elasBas	poiBas		-1,55	-0,21	-279,52	-1,35
elasBas	espBas		-1,54	3,93	-306,40	-5,50
elasBas	elasRev		-1,56	1,15	-318,99	-2,72
espRev	espBas		-1,67	3,95	-325,38	-5,65
elasBas	poiRev		-1,55	0,05	-337,61	-1,61
poiSub	pressao		0,27	1,82	-356,39	-1,56
elasBas	poiSub		-1,56	0,27	-374,64	-1,83
espRev	elasRev		-1,67	1,16	-399,35	-2,84
poiRev	pressao		0,05	1,82	-413,39	-1,77
poiBas	poiSub		-0,21	0,27	-423,68	-0,48
poiBas	poiRev		-0,21	0,05	-462,68	-0,26
poiBas	pressao		-0,21	1,81	-470,42	-2,03
elasBas	pressao		-1,56	1,81	-528,47	-3,38
espRev	pressao		-1,67	1,81	-796,85	-3,49
espRev	poiBas		-1,67	-0,21	-1486,23	-1,46
espRev	poiSub		-1,67	0,27	-1503,26	-1,94
espRev	poiRev		-1,67	0,05	-2052,02	-1,72

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

767-300 - Eixo *Tandem* Duplo, também para essa aeronave obteve-se a maior variação da deformação com a alteração do coeficiente de *Poisson* do subleito. Para a espessura de base e para a pressão dos pneus, a aeronave com a maior variação foi o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo. Por fim, para o módulo de elasticidade da base e do subleito, bem como para o coeficiente de *Poisson* da base a aeronave mais significativa foi o *Boeing 737-800*

Para outras propriedades, não foi possível rejeitar a hipótese nula de acordo com os dados apresentados na Tabela 23. Metade dos testes teve a hipótese nula rejeitada; os testes compararam a "Aeronave 01" com a "Aeronave 02" e, em seguida, o oposto foi testado. Se

Tabela 21 – Dados do teste de *bootstrap* para o *Boeing 777-300* - Eixo *Tandem* Triplo com aceitação da hipótese nula

01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.
poiRev	espRev	0,05	-1,67	2062,68	1,72
poiSub	espRev	0,27	-1,67	1502,26	1,94
poiBas	espRev	-0,21	-1,67	1488,59	1,46
pressao	espRev	1,82	-1,67	804,03	3,48
pressao	elasBas	1,81	-1,56	527,60	3,36
pressao	poiBas	1,80	-0,21	465,84	2,01
poiRev	poiBas	0,05	-0,21	461,95	0,26
poiSub	poiBas	0,27	-0,21	424,97	0,48
pressao	poiRev	1,82	0,05	412,03	1,76
elasRev	espRev	1,14	-1,67	397,23	2,79
poiSub	elasBas	0,27	-1,56	377,44	1,82
pressao	poiSub	1,80	0,27	347,77	1,53
poiRev	elasBas	0,05	-1,56	338,55	1,60
espBas	espRev	3,97	-1,67	326,48	5,61
elasRev	elasBas	1,15	-1,55	317,38	2,68
espBas	elasBas	3,91	-1,56	306,30	5,44
poiBas	elasBas	-0,21	-1,55	279,53	1,33
espBas	poiBas	3,91	-0,21	239,65	4,09
espBas	poiRev	3,91	0,05	224,17	3,83
poiSub	poiRev	0,27	0,05	214,10	0,21
espBas	poiSub	3,92	0,27	211,83	3,62
elasRev	poiBas	1,15	-0,21	192,75	1,35
elasRev	poiRev	1,14	0,05	154,10	1,07
espBas	elasRev	3,94	1,16	149,36	2,74
elasRev	poiSub	1,15	0,27	124,11	0,87
espBas	pressao	3,93	1,81	119,48	2,09
pressao	elasRev	1,81	1,14	82,13	0,66
elasBas	espRev	-1,55	-1,67	25,19	0,11
espBas	elasSub	3,95	394,79	-278,86	-393,14
pressao	elasSub	1,82	395,01	-281,31	-395,50
elasRev	elasSub	1,15	396,19	-282,38	-397,34
poiSub	elasSub	0,27	397,41	-282,42	-399,46
poiBas	elasSub	-0,21	394,99	-283,03	-397,50
elasBas	elasSub	-1,55	397,18	-283,85	-401,04
poiRev	elasSub	0,05	397,96	-284,54	-400,21
espRev	elasSub	-1,67	396,38	-285,07	-400,35

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

um dos testes apresentou um resultado significativo, o teste com os grupos trocados deveria necessariamente confirmar a hipótese nula utilizando os mesmos critérios de avaliação.

Tabela 22 – Dados do teste de *bootstrap* para comparação de propriedades entre aeronaves com rejeição da hipótese nula

01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.	propriedade
B767300	B737800	-2,06	-1,28	-827,62	-0,78	espRev
B777300	B737800	-1,67	-1,28	-422,86	-0,39	espRev
B767300	B777300	-2,06	-1,67	-331,09	-0,39	espRev
B767300	B737800	4,08	85,99	-271,87	-82,40	espBas
B777300	B737800	3,93	85,42	-272,08	-81,98	espBas
B777300	B767300	3,92	4,09	-5,80	-0,22	espBas
B737800	B767300	-0,81	2,52	-296,21	-3,35	elasRev
B737800	B777300	-0,81	1,15	-276,16	-1,97	elasRev
B777300	B767300	1,15	2,52	-103,54	-1,39	elasRev
B737800	B767300	-2,69	-1,63	-242,89	-1,06	elasBas
B737800	B777300	-2,68	-1,55	-201,31	-1,15	elasBas
B767300	B777300	-1,62	-1,55	-12,40	-0,08	elasBas
B737800	B767300	1232,04	223,81	228,92	1000,99	elasSub
B737800	B777300	1225,44	395,43	182,67	822,53	elasSub
B777300	B767300	397,10	223,55	107,53	170,90	elasSub
B767300	B737800	-0,12	0,10	-862,50	-0,22	poiRev
B777300	B737800	0,05	0,10	-152,13	-0,05	poiRev
B767300	B777300	-0,12	0,05	-960,37	-0,17	poiRev
B737800	B767300	-0,30	-0,02	-441,09	-0,28	poiBas
B737800	B777300	-0,30	-0,21	-111,94	-0,09	poiBas
B777300	B767300	-0,21	-0,02	-311,89	-0,19	poiBas
B767300	B737800	0,10	0,40	-203,60	-0,30	poiSub
B777300	B737800	0,27	0,39	-71,85	-0,13	poiSub
B767300	B777300	0,10	0,27	-165,77	-0,17	poiSub
B767300	B737800	1,81	1,82	-1,67	-0,02	pressao
B777300	B737800	1,82	1,83	-2,23	-0,02	pressao
B777300	B767300	1,80	1,82	-2,13	-0,02	pressao

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 23 – Dados do teste de *bootstrap* para comparação de propriedades entre aeronaves com Aceitação da hipótese nula

01	02	\bar{x} 01	\bar{x} 02	Estat. t	\bar{t} inf.	propriedade
B737800	B767300	-1,28	-2,06	823,87	0,77	espRev
B737800	B777300	-1,29	-1,67	419,48	0,38	espRev
B777300	B767300	-1,67	-2,06	329,47	0,39	espRev
B737800	B767300	85,83	4,06	269,86	81,28	espBas
B737800	B777300	85,03	3,96	269,82	80,57	espBas
B767300	B777300	4,03	3,94	3,25	0,05	espBas
B767300	B737800	2,54	-0,81	297,05	3,33	elasRev
B777300	B737800	1,14	-0,81	275,19	1,94	elasRev
B767300	B777300	2,50	1,15	102,77	1,33	elasRev
B767300	B737800	-1,63	-2,68	241,93	1,04	elasBas
B777300	B737800	-1,56	-2,68	199,14	1,12	elasBas
B777300	B767300	-1,56	-1,63	12,70	0,06	elasBas
B767300	B737800	222,07	1229,22	-228,03	-1014,42	elasSub
B777300	B737800	397,08	1219,47	-181,30	-829,85	elasSub
B767300	B777300	222,58	393,34	-106,59	-173,39	elasSub
B737800	B767300	0,10	-0,12	860,52	0,22	poiRev
B737800	B777300	0,10	0,05	151,94	0,05	poiRev
B777300	B767300	0,05	-0,12	960,80	0,17	poiRev
B767300	B737800	-0,02	-0,30	441,76	0,28	poiBas
B777300	B737800	-0,21	-0,30	113,92	0,09	poiBas
B767300	B777300	-0,02	-0,21	311,91	0,19	poiBas
B737800	B767300	0,39	0,10	201,13	0,29	poiSub
B737800	B777300	0,39	0,27	71,11	0,12	poiSub
B777300	B767300	0,27	0,10	166,27	0,16	poiSub
B737800	B767300	1,82	1,82	0,31	-0,01	pressao
B737800	B777300	1,82	1,81	0,80	-0,01	pressao
B767300	B777300	1,82	1,81	0,58	-0,01	pressao

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.7.5 *Resumo do teste de bootstrap*

A Tabela 24 resume os resultados dos testes de *bootstrap* realizados para as propriedades do pavimento no âmbito deste estudo. Esses testes têm como objetivo comparar as médias das amostras e determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre elas.

Cada linha na tabela representa uma comparação específica entre grupos ou condições diferentes. A coluna "Comparação" lista os pares de grupos comparados, enquanto a coluna "Contagem" indica quantos tipos de eixo mostraram diferenças estatisticamente significativas. Destaca-se que a variação na espessura do revestimento resultou em deformações maiores do que a variação no módulo de elasticidade da mesma camada. Já para a camada de base, houve uma inversão nesse comportamento, sendo que a variação no módulo de elasticidade teve mais impacto nas deformações no topo do subleito do que o aumento na espessura da camada.

Indo além, é possível verificar quantitativamente quais propriedades singulares apareceram mais vezes entre as maiores. Por exemplo, por meio tabela 25 é verificável que a espessura do revestimento foi a variável mais frequentemente influente. Uma variável quase tão importante quanto foi a elasticidade da base que foi a segunda mais frequente dentre as variáveis analisadas. A Contagem de vezes em que a propriedade foi marcada como mais importante deve ser usada como norteador para ponderações em fase de projeto, quando uma propriedade não puder ser alterada, deve ser priorizada a variável que for imediatamente menos frequente, sempre priorizando as que variavam mais as deformações do pavimento.

A Tabela 26 resume as conclusões obtidas a partir dos testes de *bootstrap*, nos quais não foi encontrada diferença estatisticamente significativa no contexto desta pesquisa. As primeiras 22 linhas da tabela destacam as comparações de grupo onde as hipóteses nulas foram rejeitadas para os três eixos. Essas linhas representam as comparações inversas das linhas correspondentes na Tabela 24, mostrando que, se for evidenciado que uma variável é maior que outra, então a segunda variável não foi considerada maior que a primeira durante o teste de comparação.

Tabela 24 – Resumo do teste de *bootstrap* para grupos estatisticamente diferentes

Comparação	Contagem
espRev-elasRev	3
poiSub-pressao	3
elasBas-espBas	3
poiBas-pressao	3
poiBas-poiSub	3
poiRev-pressao	3
espRev-espBas	3
poiRev-espBas	3
pressao-espBas	3
poiRev-poiSub	3
elasRev-espBas	3
poiBas-espBas	3
poiSub-espBas	3
elasBas-pressao	3
espRev-poiSub	3
elasBas-poiBas	3
espRev-poiBas	3
elasBas-poiSub	3
elasBas-poiRev	3
espRev-pressao	3
elasBas-elasRev	3
espRev-poiRev	3
elasSub-poiBas	2
elasSub-poiSub	2
elasSub-espBas	2
elasSub-espRev	2
poiSub-elasRev	2
espRev-elasBas	2
poiRev-elasRev	2
poiBas-elasRev	2
elasSub-elasBas	2
poiBas-poiRev	2
elasRev-pressao	2
elasSub-elasRev	2
elasSub-poiRev	2
elasSub-pressao	2
poiSub-elasSub	1
pressao-elasSub	1
poiBas-elasSub	1
elasBas-elasSub	1
poiRev-poiBas	1
poiRev-elasSub	1
espRev-elasSub	1
pressao-elasRev	1
elasRev-poiSub	1
elasRev-poiRev	1
elasRev-poiBas	1
elasRev-elasSub	1
espBas-elasSub	1
elasBas-espRev	1

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 25 – Resumo das variáveis mais frequentemente maiores

Propriedades	Contagem
espRev	21
elasBas	20
elasSub	16
poiBas	14
poiRev	13
elasRev	9
poiSub	9
carregamento	5
espBas	1

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 26 – Resumo do teste de *bootstrap* para grupos estatisticamente iguais

Comparação	Contagem
elasRev-espRev	3
pressao-poiSub	3
espBas-elasBas	3
pressao-poiBas	3
poiSub-poiBas	3
pressao-poiRev	3
espBas-espRev	3
espBas-poiSub	3
espBas-pressao	3
poiSub-poiRev	3
espBas-elasRev	3
espBas-poiBas	3
espBas-poiRev	3
poiSub-espRev	3
poiBas-elasBas	3
pressao-espRev	3
poiSub-elasBas	3
poiRev-elasBas	3
pressao-elasBas	3
elasRev-elasBas	3
poiBas-espRev	3
poiRev-espRev	3
poiRev-elasSub	2
elasRev-elasSub	2
espRev-elasSub	2
elasRev-poiSub	2
elasBas-espRev	2
elasRev-poiBas	2
espBas-elasSub	2
elasRev-poiRev	2
elasBas-elasSub	2
poiRev-poiBas	2
pressao-elasRev	2
poiSub-elasSub	2
poiBas-elasSub	2
pressao-elasSub	2
elasSub-espBas	1
elasSub-pressao	1
elasSub-elasRev	1
elasRev-pressao	1
espRev-elasBas	1
poiBas-elasRev	1
poiBas-poiRev	1
elasSub-espRev	1
poiRev-elasRev	1
poiSub-elasRev	1
elasSub-poiSub	1
elasSub-poiRev	1
elasSub-elasBas	1
elasSub-poiBas	1

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas a partir dos modelos calibrados, além de discussões e recomendações para trabalhos futuros. Ao longo desta Dissertação, explorou-se a influência das propriedades dos pavimentos aeroportuários dos modelos lineares elásticos no cálculo das deformações verticais em uma pista de pouso e decolagem.

5.1 Principais conclusões

No total, mais de 600 GB de dados foram gerados e 4.511 modelos foram simulados nesta Dissertação. Para a otimização computacional dos modelos simulados foi feita a calibração dos parâmetros de elementos finitos e infinitos, a partir da definição de um pavimento crítico, aquele que resultava nas piores deformações dentre os analisados. Durante a etapa de definição desse pavimento, identificou-se que o menor valor da espessura da camada de base apresentou a maior das deformações no topo do subleito dentre as propriedades simuladas.

A partir desse pavimento, foram determinados o comprimento, a espessura do subleito, o número de elementos finitos e infinitos do pavimento priorizando o custo computacional, mas com uma variação controlada. Constatou-se que a espessura do revestimento e da base reduziram as deformações em todas as aeronaves analisadas. No entanto, a redução foi um pouco mais lenta quanto mais profunda era a camada e quanto mais eixos a aeronave possuía. Além disso, para espessuras menores, a variação da deformação também foi mais lenta, enquanto para as maiores espessuras, houve a tendência de uma diminuição mais rápida das deformações.

Quanto ao coeficiente de *Poisson*, as reduções ou ampliações das deformações da camada ocorreram dependendo da carga aplicada e do número de eixos. A maior quantidade de rodas favoreceu a expansão entre as rodas da aeronave e a redução da variação das deformações. Em contrapartida, com o aumento da carga, houve um aumento na variação da deformação no ponto analisado com o aumento do coeficiente de *Poisson*. Entretanto, quanto mais profundo era o ponto aferido, mais suave era o aumento em virtude da dissipação das cargas.

Assim como a espessura de revestimento, o aumento do módulo de elasticidade da camada de revestimento reduziu crescentemente a taxa de variação percentual das deformações. No entanto, essa variação não foi constante, aumentando quanto maior era o módulo de elasticidade da camada.

Por fim, para a pressão dos pneus, não foi possível verificar uma tendência de

variação bem definida em nenhuma das aeronaves. Esse aumento em todos os eixos implicou no aumento da deformação no topo do subleito. Entretanto, não foi possível obter um padrão claro nas variações de deformação, havendo em todas as aeronaves um padrão semelhante, porém não uniforme. Uma análise no revestimento poderia explicar melhor a influência da pressão dos pneus, visto que ao realizar uma análise no topo do subleito, parte da carga oriunda da pressão dos pneus já foi dissipada pelas outras camadas.

Além disso, no escopo do teste de *bootstrap*, emergem cenários em que é possível apoiar estatisticamente que algumas propriedades exercem uma influência mais significativa na deformação do pavimento aeroportuário. O estudo dessas propriedades torna-se importante durante a fase de projeto aeroportuário, para verificar o *mix* de aeronaves e as propriedades dos materiais de campo, e para a tomada de decisões.

As propriedades mais influentes foram o módulo de elasticidade do subleito e da base, bem como a espessura do revestimento para os eixos *tandem* triplo e o eixo simples. Por sua vez, para o eixo *tandem* duplo, embora também tenha se verificado a presença da espessura do revestimento e módulo de elasticidade da base dentre as propriedades mais influentes, para esse modelo surgiu o coeficiente de *Poisson* da camada de revestimento em substituição a elasticidade do subleito como a terceira variável mais importante. Entretanto, quando verificada a frequência de forma acumulada para todos os eixos, as variáveis: espessura do revestimento, elasticidade da base e espessura do subleito aparecem como as variáveis mais influentes e, portanto, devem ser priorizadas durante a fase de projeto.

Além de ser estatisticamente possível afirmar que existem propriedades mais influentes que outras, também foi possível verificar que a quantidade de rodas influencia na variação das deformações, as mesmas propriedades tinham impacto diferente nas deformações no topo do subleito dependendo do tipo de eixo simulado. Aeronaves com mais rodas tenderam a uma variação mais suave das deformações com a alteração das propriedades formadoras do solo, comportamento este explicado tanto pela distribuição melhor de peso e pela influência de rodas distantes do centro do eixo na deformação central. Comportamento que mostra que o *mix* de aeronaves deve ser considerado na escolha de materiais para a construção de pavimentos aeroportuários.

Embora comparando as propriedades entre si, algumas apresentassem diferenças estatisticamente significativas, as mesmas propriedades também apresentaram diferenças estatisticamente significativas ao alterar o tipo de eixo analisado. Um comportamento a ser destacado

nesta Dissertação é que a quantidade de rodas influencia na variação das deformações. Aeronaves com mais rodas tenderam a uma variação mais suave das deformações com a alteração das propriedades formadoras do solo, comportamento este explicado tanto pela distribuição melhor de peso e pela influência de rodas distantes do centro do eixo na deformação central. Comportamento que mostra que o *mix* de aeronaves deve ser considerado na escolha de materiais para a construção de pavimentos aeroportuários. Por fim, de forma global, verificou-se que as variáveis mais importantes para o desenvolvimento do projeto são a espessura do revestimento, o módulo de elasticidade da camada de base e o módulo de elasticidade da camada de subleito.

5.2 Principais limitações

Dentre as limitações identificadas durante este estudo, destaca-se a utilização de um modelo de materiais estritamente elástico. No entanto, salienta-se que as operações de pouso, decolagem e taxiamento também geram tensões regidas pela análise dinâmica dos materiais, as quais podem envolver deformação plástica ou viscoelástica. Assim, podem haver outras variáveis importantes para as deformações do pavimento que não foram consideradas nesta Dissertação.

Outra limitação foi a análise empregando cargas estáticas, as quais não reproduzem fielmente o comportamento dinâmico das aeronaves. Embora a situação de taxiamento e estacionamento das aeronaves se assemelhe a condição estática, as operações de pouso e decolagem tem uma maior componente dinâmica atrelada.

Além disso, para a definição dos intervalos de variáveis simuladas foram investigados os maiores e menores valores encontrados em artigos científicos. Entretanto, artigos não catalogados nesta Dissertação ou projetos de pavimentos aeroportuários podem conter valores de propriedades de materiais e espessuras de camadas fora do intervalo deste estudo.

Por fim, embora esta Dissertação tenha buscado abranger todo o intervalo de pressões de pneus disponíveis no mercado, variáveis como a área de aplicação da roda e o espaçamento entre rodas não foram consideradas, restringindo-se apenas às três aeronaves analisadas neste estudo.

5.3 Recomendações para trabalhos futuros

A análise das propriedades do pavimento pode revelar áreas que exigem estudos adicionais e investigações mais aprofundadas. Dentre os tópicos de pesquisa que podem expandir

este estudo, a partir das análises e discussões apresentadas nesta Dissertação destacam-se:

- (a) Considerar modelos não lineares, como o de deformação plástica ou viscoelástica, e verificar as variáveis mais importantes para cada modelo;
- (b) Analisar a possibilidade de adição de coeficientes ponderadores em modelos de dimensionamento de pavimentos existentes, priorizando as variáveis mais importantes;
- (c) Analisar como a quantidade e a distância entre rodas das aeronaves influencia nas deformações de pavimentos aeroportuários;
- (d) Expandir a análise de propriedades de pavimento para outros tipos de pavimento, e verificar se as variáveis mais importantes são as mesmas do aeroportuário.

Os códigos-fonte, bem como as figuras e os arquivos com extensão ".csv" e ".json", estão disponibilizados em um repositório e podem ser utilizados para pesquisas futuras e consulta do modelo: <https://github.com/gustavopinheiro13/indicesSensibilidadePavimentoElastico>.

REFERÊNCIAS

- ABDESSEMED, M.; KENAI, S.; BALI, A. Experimental and numerical analysis of the behavior of an airport pavement reinforced by geogrids. **Construction and Building Materials**, Elsevier, v. 94, p. 547–554, 2015.
- ABDULLAH, A.; PAK, A. Correct prediction of the vibration behavior of a high power ultrasonic transducer by fem simulation. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 39, n. 1, p. 21–28, Oct 2008. ISSN 1433-3015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1191-9>.
- ALI, B.; SADEK, M.; SHAHROUR, I. Finite-element model for urban pavement rutting: Analysis of pavement rehabilitation methods. **Journal of Transportation Engineering**, v. 135, n. 4, p. 235–239, 2009. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-947X%282009%29135%3A4%28235%29>.
- ALWAN, D. S. Effect of repeated traffic loads on most significant distresses of flexible pavement. In: EDP SCIENCES. **E3S Web of Conferences**. [S. l.], 2023. v. 427, p. 03041.
- ALZABEEBEE, S. Calibration of a finite element model to predict the dynamic response of a railway track bed subjected to low-and high-speed moving train loads. **Transportation Infrastructure Geotechnology**, Springer, v. 10, n. 3, p. 504–520, 2023.
- AMAKU, M.; COUTINHO, F. A. B.; RAIMUNDO, S. M.; LOPEZ, L. F.; BURATTINI, M. N.; MASSAD, E. A comparative analysis of the relative efficacy of vector-control strategies against dengue fever. **Bulletin of mathematical biology**, Springer, v. 76, p. 697–717, 2014.
- American Society for Testing and Materials. **Handbook of Fatigue Testing**. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1974.
- ARGYRIS, J. H.; SCHARPF, D. W. Finite elements in time and space. **The Aeronautical Journal**, Cambridge University Press, v. 73, n. 708, p. 10411044, 1969.
- BAX, N. J. Application of multi and univariate techniques of sensitivity analysis to skebub, a biomass-based fisheries ecosystem model, parameterized to georges bank. **Ecological Modelling**, v. 29, n. 1, p. 353–382, 1985. ISSN 0304-3800. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304380085900614>.
- BENHAMA, A.; WILLIAMSON, A.; REECE, A. Force and torque computation from 2-d and 3-d finite element field solutions. **IEE Proceedings - Electric Power Applications**, v. 146, p. 25–31(6), January 1999. ISSN 1350-2352. Disponível em: https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/ip-epa_19990219.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G. d.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. [S. l.]: PETROBRAS: ABEDA, 2022. ISBN 978-85-69658-02-3.
- BESKOU, N. D.; THEODORAKOPOULOS, D. D. Dynamic effects of moving loads on road pavements: a review. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, Elsevier, v. 31, n. 4, p. 547–567, 2011.

BETTES, P. Infinite elements. **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, v. 11, n. 1, p. 53–64, 1977. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/nme.1620110107>.

BOEING. **767 Airplane Characteristics for Airport Planning**. [S. l.], 2005.

BOEING. **737 Airplane Characteristics for Airport Planning**. [S. l.], 2013.

BOEING. **777-200LR / -300ER / -Freighter Airplane Characteristics for Airport Planning**. [S. l.], 2015.

BÖRGESSON, L. Abaqus. In: **Developments in geotechnical engineering**. [S. l.]: Elsevier, 1996. v. 79, p. 565–570.

BOUSSINESQ, J. **Application des potentiels a L'étude de l'équilibre et du Mouvement des solides elastiques par J. Boussinesq**. [S. l.]: Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire, 1885.

BRILL, D. R.; PARSONS, I. D. Three-dimensional finite element analysis in airport pavement design. **International Journal of Geomechanics**, American Society of Civil Engineers, v. 1, n. 3, p. 273–290, 2001.

BROWN, S. F. Soil mechanics in pavement engineering. **Géotechnique**, Thomas Telford Ltd., v. 46, n. 3, p. 383–426, set. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1680/geot.1996.46.3.383>.

BUONSANTI, M.; LEONARDI, G.; SCOPELLITI, F. Theoretical and computational analysis of airport flexible pavements reinforced with geogrids. **RILEM Bookseries**, v. 4, p. 1219–1227, 2012.

BURMISTER, D. M. The general theory of stresses and displacements in layered soil systems. III. **Journal of Applied Physics**, AIP Publishing, v. 16, n. 5, p. 296–302, maio 1945. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.1707590>.

BURTON, P. J.; BRUHN, R. E. Teaching programming in the oop era. **SIGCSE Bull.**, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 35, n. 2, p. 111114, jun 2003. ISSN 0097-8418. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/782941.782993>.

CANTIN, G.; CLOUGH, R. W. A curved, cylindrical-shell, finite element. **AIAA Journal**, v. 6, n. 6, p. 1057–1062, 1968.

CAO, C. Q.; GAO, C.; HUANG, Y. Semi-analytic solutions of dynamic response of pavement plate on the elastic foundation. In: **Manufacturing Processes and Systems**. [S. l.]: Trans Tech Publications Ltd, 2011. (Advanced Materials Research, v. 148), p. 535–538.

CHO, Y.-H.; MCCULLOUGH, B. F.; WEISSMANN, J. Considerations on finite-element method application in pavement structural analysis. **Transportation Research Record**, v. 1539, n. 1, p. 96–101, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0361198196153900113>.

CLAESSEN, A.; EDWARDS, J. M.; SOMMER, P.; UGE, P. Asphalt pavement design-the shell method. In: . [S. l.: s. n.], 1977.

COLLOP, A.; CEBON, D. A theoretical analysis of fatigue cracking in flexible pavements. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 209, n. 5, p. 345–361, 1995.

CONSÓRCIO VIAMT. **Relatório de verificação do PCN e estudos geotécnicos**. 2017. Disponível em: ftp://ftpaeroportos.transportes.gov.br/QUINTA_RODADA/DADOS_007_20171205/RONDONÓPOLIS/RELATÓRIODEVERIFICAÇÃOOPCNEESTUDOSGEOTÉCNICOS-RONDONÓPOLIS.pdf.

CRANE, N.; PARSONS, D. **Addition of 3D infinite elements to NIKE3D**. [S. l.], 2000.

Dassault Systèmes. Abaqus 6.11 manual, abaqus scripting users. <http://130.149.89.49>, v. 89, n. 2080, p. v6, 2012.

DONG, X.; HE, Y.; ZHANG, Y. Convergence analysis of three finite element iterative methods for the 2d/3d stationary incompressible magnetohydrodynamics. **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, Elsevier, v. 276, p. 287–311, 2014.

DONOVAN, P.; SARKER, P.; TUTUMLUER, E. Rutting prediction in airport pavement granular base/subbase: A stress history based approach. **Transportation Geotechnics**, Elsevier, v. 9, p. 139–160, 2016.

DORMON, G. M.; METCALF, C. T. Design curves for flexible pavements based on layered system theory. **Flexible Pavement Design**, v. 43, p. 69–84, 1965.

DUTT, A. Effect of mesh size on finite element analysis of beam. **International Journal of Mechanical Engineering**, v. 2, n. 12, p. 8–10, 2015.

EFRON, B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. **The Annals of Statistics**, Institute of Mathematical Statistics, v. 7, n. 1, p. 1 – 26, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>.

ERAKY, A.; AYOUB, H. S.; OSMAN, O.; OUF, M. E.; MOSTAFA, A. Z. E. Improving the bitumen in hma to resist the effect of octahedral shear stresses on asphalt pavement surface layer. **International Journal of Civil and Structural Engineering Research**, v. 10, n. 1, p. 113, 2022.

FABRE, C.; VAURS, G. Paradox: Why the heaviest commercial airplane remains the most pavement friendly aircraft at large hub airports. In: **Airfield and Highway Pavements 2019**. American Society of Civil Engineers, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1061/9780784482476.033>.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **FAARFIELD 2.0 Source Code**. 2020. <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/ArtMID/3682/ArticleID/2841/FAARFIELD-20>. Accessed: 2023-09-12.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Airport Pavement Design and Evaluation**. U.S. Department of Transportation, 2021. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6G-Pavement-Design.pdf.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Airport Design software**. 2022. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/engineering/design_software.

FELIPPA, C. A.; CLOUGH, R. W. The finite element method in solid mechanics. In: AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY. **Numerical Solution of Field Problems in Continuum Physics: Proceedings of a Symposium in Applied Mathematics**. [S. l.], 1970. v. 2, p. 210.

FLORIPA-AIRPORT. **Pavimentação - cálculo do PCN pista de pouso e decolagem**. 2020. Florianópolis, 19p.

FOSTER, C. R.; AHLVIN, R. G. Development of multiple- wheel cbr design criteria. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, v. 84, n. 2, p. 1647–1–1647–12, 1958. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JSFEAQ.0000112>.

GAJEWSKI, M. D.; KRÓL, J. B. The influence of mortars poisson ratio and viscous properties on effective stiffness and anisotropy of asphalt mixture. **Materials**, MDPI, v. 15, n. 24, p. 8946, 2022.

GHUZLAN, K. A.; AL-KHATEEB, G. G.; SHARO, A. A.; SHWAIKEH, M. E. Viscoelastic-based finite element rutting predictive models for asphalt pavements. **Emergent Materials**, Springer, v. 6, n. 1, p. 337–354, 2023.

GKYRTIS, K.; PLATI, C.; LOIZOS, A. Mechanistic analysis of asphalt pavements in support of pavement preservation decision-making. **Infrastructures**, v. 7, n. 5, 2022. ISSN 2412-3811. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2412-3811/7/5/61>.

GOPALAKRISHNAN, K.; THOMPSON, M. R.; MANIK, A. Rapid finite-element based airport pavement moduli solutions using neural networks. **International Journal of Civil and Environmental Engineering**, Citeseer, v. 1, n. 10, p. 104–112, 2007.

GRIST, E. P.; LEUNG, K. M.; WHEELER, J. R.; CRANE, M. Better bootstrap estimation of hazardous concentration thresholds for aquatic assemblages. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, Wiley Online Library, v. 21, n. 7, p. 1515–1524, 2002.

GUNGOR, O. E.; AL-QADI, I. L.; GAMEZ, A.; HERNANDEZ, J. A. Development of adjustment factors for mepdg pavement responses utilizing finite-element analysis. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, American Society of Civil Engineers, v. 143, n. 7, p. 04017022, 2017.

HADI, M. N. S.; BODHINAYAKE, B. C. Non-linear finite element analysis of flexible pavements. **Advances in Engineering Software**, v. 34, p. 657–662, 2003. ISSN 0965-9978. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997803001091>.

HANG, L. Y.; ROMLI, R.; MUHAIYUDDIN, N. D. M. Ar-ooop: Augmented reality-based mobile learning application for learning object-oriented programming. **Multidisciplinary Applied Research and Innovation**, v. 4, n. 1, p. 116–121, 2023.

HIGUERA, C. efecto de la deformación plástica en las estructuras de pavimento flexible. **Respuestas**, v. 26, 02 2020.

HJELMSTAD, K. D.; ZUO, Q.; KIM, J. Elastic pavement analysis using infinite elements. **Transportation Research Record**, v. 1568, n. 1, p. 72–76, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/1568-09>.

HJELMSTAD, K. D.; ZUO, Q.; KIM, J. Elastic pavement analysis using infinite elements. **Transportation Research Record**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1568, n. 1, p. 72–76, 1997.

HOROWITZ, J. L. Chapter 52 - the bootstrap. In: HECKMAN, J. J.; LEAMER, E. (Ed.). Elsevier, 2001, (Handbook of Econometrics, v. 5). p. 3159–3228. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157344120105005X>.

HOURANI, H.; WASMI, H.; ALRAWASHDEH, T. A code complexity model of object oriented programming (oop). In: IEEE. **2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT)**. [S. l.], 2019. p. 560–564.

HUDLI, R.; HOSKINS, C.; HUDLI, A. Software metrics for object-oriented designs. In: **Proceedings 1994 IEEE International Conference on Computer Design: VLSI in Computers and Processors**. [S. l.: s. n.], 1994. p. 492–495.

HUGHES, T. J.; LIU, W. K. Nonlinear finite element analysis of shells-part ii. two-dimensional shells. **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, Elsevier, v. 27, n. 2, p. 167–181, 1981.

IFSTTAR ITECH, S. **ALIZE-LCPC - The professional software for design of pavement structures**. 2022. Disponível em: <https://www.alize-lcpc.com/>.

ILLÉS, Z.; NAGY, L. Effect of climate change on earthworks of infrastructure: statistical evaluation of the cause of dike pavement cracks. **Geoenvironmental Disasters**, SpringerOpen, v. 9, n. 1, p. 1–17, 2022.

ISSARIYAKUL, T.; HOSSAIN, E.; ISSARIYAKUL, T.; HOSSAIN, E. A review of the polymorphism concept in oop. **Introduction to Network Simulator NS2**, Springer, p. 485–497, 2012.

IWANAGA, T.; USHER, W.; HERMAN, J. Toward salib 2.0: Advancing the accessibility and interpretability of global sensitivity analyses. **Socio-Environmental Systems Modelling**, v. 4, p. 18155–18155, 2022.

KANG, M.; QAMHIA, I. I. A.; TUTUMLUER, E.; GARG, N.; VILLAFANE, W. Airport pavement stiffness monitoring and assessment of mechanical stabilization using bender element field sensor. **Transportation Research Record**, v. 2676, n. 8, p. 542–553, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/03611981221084685>.

KANG, M.; WANG, H.; QAMHIA, I. I. A.; TUTUMLUER, E.; GARG, N.; VILLAFANE, W.; MURRELL, S. Evaluation of airport pavement base layer stiffness characteristics via embedded field sensors. **Transportation Research Record**, v. 2677, n. 8, p. 462–473, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/03611981231156938>.

KERKHOVEN, R. E.; DORMON, G. M. **Some considerations on the California bearing ratio method for the design of Flexible Pavements**. [S. l.]: Shell Research Centre, 1954.

KHAN, Z. H.; HASAN, M. A.; TAREFDER, R. A. Phase field approach to damage and fracture in asphalt concrete using multiscale finite element modeling of an instrumented pavement section. **Engineering Fracture Mechanics**, Elsevier, v. 272, p. 108686, 2022.

KHENNANE, A. **Introduction to Finite Element Analysis Using MATLAB and Abaqus**. Hardcover. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. 488 p. ISBN 9781466580206. Disponível em: <https://lead.to/amazon/com/?op=bt&la=en&cu=usd&key=1466580208>.

KIM, N.-H.; SANKAR, B. V.; KUMAR, A. V. **Introduction to finite element analysis and design**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2018.

KIRCHHOFF, G. On the equilibrium and motion of elastic bodies. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 140, p. 1–22, 1850.

- KNUPP, P. M. Achieving finite element mesh quality via optimization of the jacobian matrix norm and associated quantities. part ia framework for surface mesh optimization. **Int. J. Numer. Meth. Engng**, v. 48, p. 401–420, 2000.
- KOUTSOPOULOS, H. N.; DOWNEY, A. Primitive-based classification of pavement cracking images. **Journal of Transportation Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 119, n. 3, p. 402–418, 1993.
- KUO, C.-M.; HUANG, C.-W. Three-dimensional pavement analysis with nonlinear subgrade materials. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 18, n. 4, p. 537–544, 2006. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290899-1561%282006%2918%3A4%28537%29>.
- LADOS, D. A.; APELIAN, D. Limitations of elastic definitions in al-si-mg cast alloys with enhanced plasticity: linear elastic fracture mechanics versus elastic-plastic fracture mechanics. **Engineering fracture mechanics**, Elsevier, v. 73, n. 4, p. 435–455, 2006.
- LARSEN, H. J. E.; International Society for Asphalt Pavements. **Eighth international conference on asphalt pavements**. Roskilde: Road Directorate, Danish Road Institute, 1997. ISBN 8790145356.
- LEDBETTER, R. H. Effects of dynamic loads on airport pavements. **Transportation Research Board Special Report**, n. 175, 1978.
- LEE, Y.-C.; KIM, Y. R.; RANJITHAN, S. R. Dynamic analysis-based approach to determine flexible pavement layer moduli using deflection basin parameters. **Transportation Research Record**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1639, n. 1, p. 36–42, 1998.
- LEONARDI, G. Finite element analysis of airfield flexible pavement. **Archives of Civil Engineering**, Polska Akademia Nauk. Czytelnia Czasopism PAN, v. 60, n. 3, p. 323–334, 2014.
- LI, Z.; REED, M. A finite element method to model progressive fracturing. **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, v. 120, p. 303–313, 1995. ISSN 0045-7825. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004578259400062R>.
- LIM, I. L.; JOHNSTON, I. W.; CHOI, S. K. A finite element code for fracture propagation analysis within elasto-plastic continuum. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 53, p. 193–211, 1996. ISSN 0013-7944. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013794495001050>.
- LING, J.; REN, L.; TIAN, Y.; GAO, J.; MAN, L. Analysis of airfield composite pavement rutting using full-scale accelerated pavement testing and finite element method. **Construction and Building Materials**, Elsevier, v. 303, p. 124528, 2021.
- LING, J.; WEI, F.; ZHAO, H.; TIAN, Y.; HAN, B. *et al.* Analysis of airfield composite pavement responses using full-scale accelerated pavement testing and finite element method. **Construction and Building Materials**, Elsevier, v. 212, p. 596–606, 2019.
- LINKE, M.; LAMMERING, R. On the calibration of the cohesive strength for cohesive zone models in finite element analyses. **Theoretical and Applied Fracture Mechanics**, v. 124, p. 103733, 2023. ISSN 0167-8442. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167844222004827>.

LIU, G.; DAI, K.; NGUYEN, T. T. A smoothed finite element method for mechanics problems. **Computational Mechanics**, Springer, v. 39, p. 859–877, 2007.

LIU, Z.; GU, X.; REN, H.; WANG, X.; DONG, Q. Three-dimensional finite element analysis for structural parameters of asphalt pavement: A combined laboratory and field accelerated testing approach. **Case Studies in Construction Materials**, Elsevier, v. 17, p. e01221, 2022.

LOVE, A. E. H. On the mathematical theory of the elastic plates. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 180, p. 363–410, 1888.

LUO, X.; GU, F.; LING, M.; LYTTON, R. L. Review of mechanistic-empirical modeling of top-down cracking in asphalt pavements. **Construction and Building Materials**, v. 191, p. 1053–1070, 2018. ISSN 0950-0618. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818323997>.

LYTTON, R. L.; UZAN, J.; FERNANDO, E. G.; ROQUE, R.; HILTUNEN, D.; STOFFELS, S. M. **Development and validation of performance prediction models and specifications for asphalt binders and paving mixes**. [S. l.]: Strategic Highway Research Program Washington, DC, 1993. v. 357.

MAINA, J. W.; OZAWA, Y.; MATSUI, K. Linear elastic analysis of pavement structure under non-circular loading. **Road Materials and Pavement Design**, Taylor & Francis, v. 13, n. 3, p. 403–421, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14680629.2012.705419>.

MILLEN, S.; ULLAH, Z.; FALZON, B. On the importance of finite element mesh alignment along the fibre direction for modelling damage in fibre-reinforced polymer composite laminates. **Composite Structures**, v. 278, p. 114694, 2021. ISSN 0263-8223. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822321011491>.

MIRZAHOSSEINI, M.; LEE, J.; OLEK, J.; JEON, J.; NANTUNG, T. E. Predicting fatigue service life reductions of asphalt pavements due to deficiency in design-level values of effective binder content. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Canadian Science Publishing 1840 Woodward Drive, Suite 1, Ottawa, ON K2C 0P7, v. 49, n. 8, p. 1340–1350, 2022.

MO, L.; HUURMAN, M.; WU, S.; MOLENAAR, A. 2d and 3d meso-scale finite element models for ravelling analysis of porous asphalt concrete. **Finite elements in analysis and design**, Elsevier, v. 44, n. 4, p. 186–196, 2008.

MOLENAAR, A. A. A. Prediction of fatigue cracking in asphalt pavements: Do we follow the right approach? **Transportation Research Record**, v. 2001, n. 1, p. 155–162, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/2001-17>.

MONTILLA, J.-M.; KROMREY, J. Robustez de las pruebas t en comparacion de medias, ante violacion de supuestos de normalidad y homocedasticidad. **Ciencia e Ingeniería**, Universidad de los Andes, v. 31, n. 2, p. 101–107, 2010.

MORE, S. T.; BINDU, R. Effect of mesh size on finite element analysis of plate structure. **International Journal of Engineering Science and Innovative Technology**, v. 4, n. 3, p. 181–185, 2015.

MOTA, H. C. **ESFORÇOS EXTREMOS EM PONTES PARA MODELO DINÂMICO DE CARGAS MÓVEIS NO BRASIL**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MOURA, C. A. d.; KUBRUSLY, C. S. **The Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) Condition: 80 Years After Its Discovery**. Birkhäuser Boston, 2013. ISBN 9780817683948. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-8176-8394-8>.

MOUSAVI, M.; GHAYOONI, M.; DAVE, E. Mechanistic load restriction decision platform for pavement systems prone to moisture variations. 2019.

MYERS, L. A.; ROQUE, R. Evaluation of top-down cracking in thick asphalt pavements and the implications for pavement design. **Transportation Research Circular**, v. 503, p. 7987, 2001.

MYERS, L. A.; ROQUE, R.; BIRGISSON, B. Use of two-dimensional finite element analysis to represent bending response of asphalt pavement structures. **International Journal of Pavement Engineering**, Taylor & Francis, v. 2, n. 3, p. 201–214, 2001.

NORMALISATION-AFNOR, A. F. de. **NFP98 – 086 – Dimensionnement structure des chaussées routières – Application aux chaussées neuves**. [S. l.], 2019.

ODEN, J. T.; SOMOGYI, D. Finite-element applications in fluid dynamics. **Journal of the Engineering Mechanics Division**, American Society of Civil Engineers, v. 95, n. 3, p. 821–826, 1969.

PIAN, T. H.; TONG, P. Basis of finite element methods for solid continua. **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, Wiley Online Library, v. 1, n. 1, p. 3–28, 1969.

PUPPALA, A. J.; SARIDE, S.; CHOMTID, S. Experimental and modeling studies of permanent strains of subgrade soils. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 135, n. 10, p. 1379–1389, 2009. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/28ASCE29GT.1943-5606.0000163>.

Python Software Foundation. **Python**. 2023. Disponível em: <https://www.python.org/>.

QUAN, W.; MA, X.; SI, C.; DONG, Z.; WANG, T. Wave propagation approach for dynamic responses of transversely isotropic viscoelastic pavement under impact load. **Road Materials and Pavement Design**, Taylor & Francis, v. 23, n. 9, p. 2076–2097, 2022.

REZAEI-TARAHOMI, A.; KAYA, O.; CEYLAN, H.; GOPALAKRISHNAN, K.; KIM, S.; BRILL, D. R. Sensitivity quantification of airport concrete pavement stress responses associated with top-down and bottom-up cracking. **International Journal of Pavement Research and Technology**, Elsevier, v. 10, n. 5, p. 410–420, 2017.

ROLDAN-OLÍDEN, P.; CALVO-JURADO, C. Influence of traffic and road surface materials on elastic behavior of layered pavements. **Politeknik Dergisi**, v. 25, n. 2, p. 855–860, 2022.

ROY, S.; BOSE, R. C. Simultaneous confidence interval estimation. **The Annals of Mathematical Statistics**, JSTOR, p. 513–536, 1953.

SAIDOVA, D. E. Analysis of the problems of the teaching object-oriented programming to students. **International Journal of Social Science Research and Review**, v. 5, n. 6, p. 229–234, 2022.

SARCAR, V. Flexible code using polymorphism. In: **Simple and Efficient Programming with C# Skills to Build Applications with Visual Studio and .NET**. [S. l.]: Springer, 2022. p. 3–19.

SCHNEEWEISS, S. Sensitivity analysis and external adjustment for unmeasured confounders in epidemiologic database studies of therapeutics. **Pharmacoepidemiology and Drug Safety**, v. 15, n. 5, p. 291–303, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pds.1200>.

SCHWARTZ, C. W.; LI, R.; CEYLAN, H.; KIM, S.; GOPALAKRISHNAN, K. Global sensitivity analysis of mechanistic-empirical performance predictions for flexible pavements. **Transportation Research Record**, v. 2368, n. 1, p. 12–23, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/2368-02>.

SHEN, W.; KIRKNER, D. J. Non-linear finite-element analysis to predict permanent deformations in pavement structures under moving loads. **International Journal of Pavement Engineering**, Taylor & Francis, v. 2, n. 3, p. 187–199, 2001.

SHI, J.; CHOPP, D.; LUA, J.; SUKUMAR, N.; BELYTCHKO, T. Abaqus implementation of extended finite element method using a level set representation for three-dimensional fatigue crack growth and life predictions. **Engineering fracture mechanics**, Elsevier, v. 77, n. 14, p. 2840–2863, 2010.

SINGH, A. K.; SAHOO, J. P. Rutting prediction models for flexible pavement structures: A review of historical and recent developments. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, Elsevier, v. 8, p. 315–338, 6 2021. ISSN 2095-7564.

TAO, H.; YANG, H.; ZHANG, J.; JU, G.; XU, J.; SHI, B. Nonlinear finite element analysis on timber-concrete composite beams. **Journal of Building Engineering**, Elsevier, v. 51, p. 104259, 2022.

TAREFDER, R. A.; AHMED, M. U. Modeling of the fwd deflection basin to evaluate airport pavements. **International Journal of Geomechanics**, v. 14, n. 2, p. 205–213, 2014. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29GM.1943-5622.0000305>.

UDDIN, W.; HACKETT, R. M.; JOSEPH, A.; PAN, Z.; CRAWLEY, A. B. Three-dimensional finite-element analysis of jointed concrete pavement with discontinuities. **Transportation Research Record**, v. 1482, p. 26–32, 1995.

UDDIN, W.; ZHANG, D.; FERNANDEZ, F. Finite element simulation of pavement discontinuities and dynamic load response. **Transportation research record**, n. 1448, 1994.

USTAOĞLU, A. O. **Comparison of deformations from 2d and 3d fem analysis with field measurements of a top down deep excavation in bağcilar metro station**. Dissertação (Mestrado) – Middle East Technical University, 2015.

WANG, H.; BUTTLAR, W. G. Three-dimensional micromechanical pavement model development for the study of block cracking. **Construction and Building Materials**, v. 206, p. 35–45, 2019. ISSN 0950-0618. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181930128X>.

WANG, H.; THAKKAR, C.; CHEN, X.; MURREL, S. Life-cycle assessment of airport pavement design alternatives for energy and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier, v. 133, p. 163–171, 2016.

WANG, Q.; BRILL, D. R. Improvements in the application of infinite elements to the nike3d program for airport pavement response analysis. **International Journal of Pavement Engineering**, Taylor & Francis, v. 14, n. 5, p. 429–439, 2013.

Washington Asphalt Pavement Association. **Joint Reflection Cracking**. 2020. <https://www.asphaltwa.com/evaluation/joint-reflection-cracking/>.

WELCH, B. L. The significance of the difference between two means when the population variances are unequal. **Biometrika**, JSTOR, v. 29, n. 3/4, p. 350–362, 1938.

WESTERGAARD, H. M. Analysis of stresses in concrete pavements due to variations of temperature. In: **Highway Research Board Proceedings**. [S. l.: s. n.], 1927. v. 6, p. 201–215.

WHITE, G. Shear stresses in an asphalt surface under various aircraft braking conditions. **International Journal of Pavement Research and Technology**, Elsevier B.V., v. 9, n. 2, p. 89–101, mar 2016. ISSN 19971400.

WHITE, G. Limitations and potential improvement of the aircraft pavement strength rating system to protect airport asphalt surfaces. **International Journal of Pavement Engineering**, Taylor & Francis, v. 18, n. 12, p. 1111–1121, 2017. ISSN 1477268X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2016.1155122>.

WILSON, E. L.; NICKELL, R. E. Application of the finite element method to heat conduction analysis. **Nuclear engineering and design**, Elsevier, v. 4, n. 3, p. 276–286, 1966.

WIMMER, J.; STIER, B.; SIMON, J.-W.; REESE, S. Computational homogenisation from a 3d finite element model of asphalt concretelinear elastic computations. **Finite Elements in Analysis and Design**, v. 110, p. 43–57, 2016. ISSN 0168-874X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168874X15001596>.

XIE, P.; WANG, H. Finite element analysis of thermal-induced reflective cracking in composite pavement with mitigation strategies. **Engineering Fracture Mechanics**, Elsevier, v. 266, p. 108396, 2022.

YANG, L.; WEI, X.; FA, J.; LI, G.; SHI, X.; BI, S. Numerical study of influencing factors of safety and stability of tunnel structure under airport runway. **Applied Sciences**, MDPI, v. 12, n. 20, p. 10432, 2022.

YANG, X.; YOU, Z.; HILLER, J.; WATKINS, D. Sensitivity of flexible pavement design to michigans climatic inputs using pavement me design. **International Journal of Pavement Engineering**, Taylor & Francis, v. 18, n. 7, p. 622–632, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1105373>.

ZADEHMOHAMAD, M.; LUO, N.; ABU-FARSAKH, M.; VOYIADJIS, G. Evaluating long-term benefits of geosynthetics in flexible pavements built over weak subgrades by finite element and mechanistic-empirical analyses. **Geotextiles and Geomembranes**, Elsevier, v. 50, n. 3, p. 455–469, 2022.

ZHANG, B.; ZHANG, X.; ZHONG, Y.; LI, X.; HAO, M.; LIU, J. Dynamic inversion analysis of structural layer modulus of semirigid base pavement considering the influence of temperature and humidity. **Advances in Civil Engineering**, Hindawi Limited, v. 2020, p. 1–12, 2020.

ZHANG, J.; LU, Y.; YANG, Z.; ZHU, X.; ZHENG, T.; LIU, X.; TIAN, Y.; LI, W. Recognition of void defects in airport runways using ground-penetrating radar and shallow cnn. **Automation in Construction**, v. 138, p. 104260, 2022. ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522001339>.

ZHOU, L.; PURI, V.; ANANTHESWARAN, R.; YEH, G. Finite element modeling of heat and mass transfer in food materials during microwave heating-model development and validation. **Journal of food engineering**, Elsevier, v. 25, n. 4, p. 509–529, 1995.

ZHU, W. Making bootstrap statistical inferences: A tutorial. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Routledge, v. 68, n. 1, p. 44–55, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02701367.1997.10608865>.

ZHU, Z.; XIAO, P.; KANG, A.; WU, Z.; KOU, C.; REN, Z. Research on the road performance of self-adhesive basalt fiber geotextiles based on the background of long-life pavements. **Construction and Building Materials**, v. 392, p. 131776, 2023. ISSN 0950-0618. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823014897>.

APÊNDICE A – CÓDIGO-FONTE GERADOR DE MODELOS NO ABAQUS 2020

```
1 from pickle import TRUE
2 import string
3 from part import *
4 from material import *
5 from section import *
6 from assembly import *
7 from step import *
8 from interaction import *
9 from load import *
10 from mesh import *
11 from optimization import *
12 from job import *
13 from sketch import *
14 from visualization import *
15 from connectorBehavior import *
16 import json
17 import os
18
19 # Classe Material
20 class Material:
21     def __init__(self, nomeCamada, nomeMaterial,
22                 espessuraCamada, moduloElasticidade, coeficientePoisson)
23         :
24         """
25         Classe que representa um material.
26
27         Atributos:
28         - nomeCamada: nome da camada do material.
29         - nomeMaterial: nome do material.
30         - espessuraCamada: espessura da camada do material.
31         - moduloElasticidade: modulo de elasticidade do
32           material.
```

```
30     - coeficientePoisson: coeficiente de Poisson do
      material.
31     """
32     self.nomeCamada = nomeCamada
33     self.nomeMaterial = nomeMaterial
34     self.espessuraCamada = espessuraCamada
35     self.moduloElasticidade = moduloElasticidade
36     self.coeficientePoisson = coeficientePoisson
37
38 # Classe intervaloPropriedade
39 class IntervaloPropriedade:
40     def __init__(self, intervaloEspessuraRevestimento,
41                 intervaloEspessuraBase, intervaloPoissonRevestimento,
42                 intervaloPoissonBase, intervaloPoissonSubleito,
43                 intervaloElasticidadeRevestimento,
44                 intervaloElasticidadeBase, intervaloElasticidadeSubleito
45                 , intervaloCarga):
46         """
47         Classe que representa um intervalo de Propriedade.
48
49         Atributos:
50         - intervaloEspessuraRevestimento: intervalo da
          espessura do revestimento.
          - intervaloEspessuraBase: intervalo da espessura da
          base.
          - intervaloPoissonRevestimento: intervalo do
          coeficiente de Poisson do revestimento.
          - intervaloPoissonBase: intervalo do coeficiente de
          Poisson da base.
          - intervaloPoissonSubleito: intervalo do coeficiente de
          Poisson do subleito.
          - intervaloElasticidadeRevestimento: intervalo do
          modulo de elasticidade do revestimento.
```

```

51     - intervaloElasticidadeBase: intervalo do modulo de
        elasticidade da base.
52     - intervaloElasticidadeSubleito: intervalo do modulo de
        elasticidade do subleito.
53     - intervaloCarga: intervalo da carga.
54     """
55     self.intervaloEspessuraRevestimento =
        intervaloEspessuraRevestimento
56     self.intervaloEspessuraBase = intervaloEspessuraBase
57     self.intervaloPoissonRevestimento =
        intervaloPoissonRevestimento
58     self.intervaloPoissonBase = intervaloPoissonBase
59     self.intervaloPoissonSubleito =
        intervaloPoissonSubleito
60     self.intervaloElasticidadeRevestimento =
        intervaloElasticidadeRevestimento
61     self.intervaloElasticidadeBase =
        intervaloElasticidadeBase
62     self.intervaloElasticidadeSubleito =
        intervaloElasticidadeSubleito
63     self.intervaloCarga = intervaloCarga
64
65
66 # Classe aviao
67 class Aviao:
68     def __init__(self, modelo, tipoEixo,
        roda1DistanciaEixoNuloX, roda1DistanciaEixoNuloY,
        roda2DistanciaEixoNuloX, roda2DistanciaEixoNuloY,
        larguraContatoPneu, comprimentoContatoPneu, carregamento
        ,
69         mascaraCondicaoContornoFundo,
            mascaraCondicaoContornoSimetriaX,
            mascaraCondicaoContornoSimetriaY,
            mascaraCondicaoContornoTravaY,

```

```

                                     mascaraSuperficie , nosInteresse):
70     """
71     Classe que representa um aviao.
72     Atributos:
73     - modelo: modelo do aviao.
74     - tipoEixo: tipo de eixo do aviao.
75     - roda1DistanciaEixoNuloX: distancia da roda 1 ao eixo
       nulo X.
76     - roda2DistanciaEixoNuloX: distancia da roda 2 ao eixo
       nulo X.
77     - roda1DistanciaEixoNuloY: distancia da roda 1 ao eixo
       nulo Y.
78     - roda2DistanciaEixoNuloY: distancia da roda 2 ao eixo
       nulo Y.
79     - larguraContatoPneu: largura de contato do pneu.
80     - comprimentoContatoPneu: comprimento de contato do
       pneu.
81     - carregamento: carga aplicada.
82     - mascaraCondicaoContornoFundo: mascara de elementos da
       condicao de contorno de fundo.
83     - mascaraCondicaoContornoSimetriaX: mascara de
       elementos da condicao de contorno de simetria em X.
84     - mascaraCondicaoContornoSimetriaY: mascara de
       elementos da condicao de contorno de simetria em Y.
85     - mascaraCondicaoContornoTravaY: mascara de elementos
       da condicao de contorno de trava em Y.
86     - mascaraSuperficie: mascara de elementos da superficie
       .
87     - nosInteresse: nos de interesse.
88     """
89     self.modelo = modelo
90     self.tipoEixo = tipoEixo
91     self.roda1DistanciaEixoNuloX = roda1DistanciaEixoNuloX
92     self.roda2DistanciaEixoNuloX = roda2DistanciaEixoNuloX
```

```
93     self.roda1DistanciaEixoNuloY = roda1DistanciaEixoNuloY
94     self.roda2DistanciaEixoNuloY = roda2DistanciaEixoNuloY
95     self.larguraContatoPneu = larguraContatoPneu
96     self.comprimentoContatoPneu = comprimentoContatoPneu
97     self.carregamento = carregamento
98     self.mascaraCondicaoContornoFundo =
99         mascaraCondicaoContornoFundo
100    self.mascaraCondicaoContornoSimetriaX =
101        mascaraCondicaoContornoSimetriaX
102    self.mascaraCondicaoContornoSimetriaY =
103        mascaraCondicaoContornoSimetriaY
104    self.mascaraCondicaoContornoTravaY =
105        mascaraCondicaoContornoTravaY
106    self.mascaraSuperficie = mascaraSuperficie
107    self.nosInteresse = nosInteresse
108    self.localizacaoRodaMediaX = (roda1DistanciaEixoNuloX +
109        roda2DistanciaEixoNuloX) / 2
110    self.rodaInternaX = min(roda1DistanciaEixoNuloX,
111        roda2DistanciaEixoNuloX)
112    self.localizacaoRodaMediaY = (roda1DistanciaEixoNuloY +
113        roda2DistanciaEixoNuloY) / 2
114    self.rodaInternaY = min(roda1DistanciaEixoNuloY,
115        roda2DistanciaEixoNuloY)
116    self.localizacaoDatumRoda1_1 = self.rodaInternaX - (
117        larguraContatoPneu / 2)
118    self.planoPrincipalDatumRoda1_1 = YZPLANE
119    self.localizacaoDatumRoda1_2 = self.rodaInternaX + (
120        larguraContatoPneu / 2)
121    self.planoPrincipalDatumRoda1_2 = YZPLANE
122    self.localizacaoDatumRoda1_3 = self.rodaInternaY + (
123        comprimentoContatoPneu / 2)
124    self.planoPrincipalDatumRoda1_3 = XZPLANE
125    self.localizacaoDatumRoda1_4 = self.rodaInternaY - (
126        comprimentoContatoPneu / 2)
```

```
115         self.planoPrincipalDatumRoda1_4 = XZPLANE
116
117 # Funcao para definir os intervalos de Propriedade
118 def intervalosAnalise():
119     fatorCrescimento = 1.03
120     intervaloEspessuraRevestimento = rangePropriedade(
121         indiceInicial=0.075, numeroRepeticoes=66,
122         fatorDeCrescimento=fatorCrescimento)
121     intervaloEspessuraBase = rangePropriedade(indiceInicial
122         =0.075, numeroRepeticoes=93, fatorDeCrescimento=
123         fatorCrescimento)
122     intervaloPoissonRevestimento = rangePropriedade(
124         indiceInicial=0.15, numeroRepeticoes=41,
125         fatorDeCrescimento=fatorCrescimento)
123     intervaloPoissonBase = rangePropriedade(indiceInicial=0.01,
124         numeroRepeticoes=132, fatorDeCrescimento=
125         fatorCrescimento)
124     intervaloPoissonSubleito = rangePropriedade(indiceInicial
126         =0.01, numeroRepeticoes=132, fatorDeCrescimento=
127         fatorCrescimento)
125     intervaloElasticidadeRevestimento = rangePropriedade(
126         indiceInicial=517.11E6, numeroRepeticoes=149,
127         fatorDeCrescimento=fatorCrescimento)
126     intervaloElasticidadeBase = rangePropriedade(indiceInicial
128         =206.84E6, numeroRepeticoes=175, fatorDeCrescimento=
129         fatorCrescimento)
127     intervaloElasticidadeSubleito = rangePropriedade(
128         indiceInicial=50E6, numeroRepeticoes=31,
129         fatorDeCrescimento=fatorCrescimento)
128     intervaloCarga = rangePropriedade(indiceInicial=206.84E3,
129         numeroRepeticoes=75, fatorDeCrescimento=fatorCrescimento
130     )
129     intervalosDePropriedade = IntervaloPropriedade(
```

```
130     intervaloEspessuraRevestimento=  
        intervaloEspessuraRevestimento ,  
131     intervaloEspessuraBase=intervaloEspessuraBase ,  
132     intervaloPoissonRevestimento=  
        intervaloPoissonRevestimento ,  
133     intervaloPoissonBase=intervaloPoissonBase ,  
134     intervaloPoissonSubleito=intervaloPoissonSubleito ,  
135     intervaloElasticidadeRevestimento=  
        intervaloElasticidadeRevestimento ,  
136     intervaloElasticidadeBase=intervaloElasticidadeBase ,  
137     intervaloElasticidadeSubleito=  
        intervaloElasticidadeSubleito ,  
138     intervaloCarga=intervaloCarga  
139 )  
140     return intervalosDePropriedade  
141  
142 # Classe para representar a saida dos modelos  
143 class SaidaModelos:  
144     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade ,  
        valorPropriedade, modeloAviao, nosInteresse):  
145         """  
146         Classe que representa a saida de modelos.  
147         Atributos:  
148         - nomeJob: nome do job associado a saida do modelo.  
149         - nomeStep: nome do step associado a saida do modelo.  
150         - nomePropriedade: nome da Propriedade associada a  
        saida do modelo.  
151         - valorPropriedade: valor da Propriedade do modelo.  
152         - modeloAviao: modelo de aviao associado a saida do  
        modelo.  
153         - nosInteresse: nos de interesse na saida do modelo.  
154         """  
155         self.nomeJob = nomeJob  
156         self.nomeStep = nomeStep
```

```
157         self.nomePropriedade = nomePropriedade
158         self.valorPropriedade = valorPropriedade
159         self.modeloAviao = modeloAviao
160         self.nosInteresse = nosInteresse
161
162 # Classe para representar o tamanho da malha
163 class TamanhoMesh:
164     def __init__(self, camadaRevestimento, camadaBase,
165                 camadaSubleito):
166         self.camadaRevestimento = camadaRevestimento
167         self.camadaBase = camadaBase
168         self.camadaSubleito = camadaSubleito
169
170 def substituir_tipo_elemento(caminho_arquivo, texto_antigo,
171                             texto_novo):
172     # Ler o conteudo do arquivo
173     with open(caminho_arquivo, 'r') as arquivo:
174         conteudo = arquivo.read()
175     # Substituir o texto antigo pelo texto novo
176     conteudo_atualizado = conteudo.replace(texto_antigo,
177                                           texto_novo)
178     # Escrever o conteudo atualizado de volta no arquivo
179     with open(caminho_arquivo, 'w') as arquivo:
180         arquivo.write(conteudo_atualizado)
181
182 # Funcao modelarPart
183 def modelarPart(nomeModelo, nomePart, localizacaoRodaMediaX,
184               comprimentoSimulado, materialRevestimento, materialBase,
185               materialSubleito):
186     """
187     Funcao para modelar uma parte.
188     Parametros:
189     - nomeModelo: nome do modelo.
```



```

186     - nomePart: nome da parte.
187     - localizacaoRodaMediaX: localizacao media entre as rodas
      no eixo X.
188     """
189     # Criacao do perfil retangular para extrusao
190     mdb.models[nomeModelo].ConstrainedSketch(name='__perfil__',
      sheetSize=2*localizacaoRodaMediaX)
191     mdb.models[nomeModelo].sketches['__perfil__'].rectangle(
      point1=(0.0, 0.0), point2=(localizacaoRodaMediaX,
      comprimentoSimulado))
192
193     # Criacao da parte atraves de extrusao
194     mdb.models[nomeModelo].Part(dimensionality=THREE_D, name=
      nomePart, type=DEFORMABLE_BODY)
195     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].BaseSolidExtrude(
      depth=materialRevestimento.espesuraCamada +
      materialBase.espesuraCamada + materialSubleito.
      espesuraCamada, sketch=mdb.models[nomeModelo].sketches[
      '__perfil__'])
196
197     # Deleta o esboco apos a extrusao
198     del mdb.models[nomeModelo].sketches['__perfil__']
199
200
201     # Funcao criarDatum
202     def criarDatum(nomeModelo, nomePart, offsetDatum,
      planoPrincipalDatum):
203         """
204         Funcao para criar um datum.
205         Parametros:
206         - nomeModelo: nome do modelo.
207         - nomePart: nome da parte.
208         - offsetDatum: offset do datum.
209         - planoPrincipalDatum: plano principal do datum.

```

```
210     Retorna:
211     - datumSaida: datum criado.
212     """
213     # Criacao de um datum usando um plano principal
214     datumSaida = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
215         DatumPlaneByPrincipalPlane(
216             offset=offsetDatum, principalPlane=planoPrincipalDatum)
217     return datumSaida
218
219 # Funcao criarMaterialAbaqus
220 def criarMaterialAbaqus(nomeModelo, nomeMaterial,
221     moduloElasticidade, coeficientePoisson):
222     """
223     Funcao para criar um material no Abaqus.
224     Parametros:
225     - nomeModelo: nome do modelo.
226     - nomeMaterial: nome do material.
227     - moduloElasticidade: modulo de elasticidade do material.
228     - coeficientePoisson: coeficiente de Poisson do material.
229     """
230     # Criacao de um material com propriedades elasticas
231     mdb.models[nomeModelo].Material(name=nomeMaterial)
232     mdb.models[nomeModelo].materials[nomeMaterial].Elastic(
233         table=((moduloElasticidade, coeficientePoisson),))
234
235 # Funcao recortarPartPorDatum
236 def recortarPartPorDatum(nomeModelo, nomePart, objetoDatum):
237     """
238     Funcao para recortar uma parte por um plano de datum no
239     Abaqus.
240     Parametros:
241     - nomeModelo: nome do modelo.
```

```
240     - nomePart: nome da parte.
241     - objetoDatum: objeto do plano de datum a ser usado para
      recortar a parte.
242     """
243     # Recortar a parte usando um plano de datum
244     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
      PartitionCellByDatumPlane(cells=mdb.models[nomeModelo].
      parts[nomePart].cells, datumPlane=objetoDatum)
245
246
247 # Funcao definicaoSet
248 def definicaoSet(nomeModelo, nomeMaterial, nomeCamada):
249     """
250     Funcao para definir uma secao solida homogenea no Abaqus.
251     Parametros:
252     - nomeModelo: nome do modelo.
253     - nomeMaterial: nome do material a ser atribuido a secao.
254     - nomeCamada: nome da camada para a qual a secao sera
      definida.
255     """
256     # Definir uma secao solida homogenea
257     mdb.models[nomeModelo].HomogeneousSolidSection(material=
      nomeMaterial, name='secao' + nomeCamada, thickness=None)
258
259
260 # Funcao definirSecao
261 def definirSecao(nomeModelo, nomePart, nomeCamada, mascara):
262     """
263     Funcao para definir uma secao em uma parte no Abaqus.
264     Parametros:
265     - nomeModelo: nome do modelo.
266     - nomePart: nome da parte.
267     - nomeCamada: nome da camada para a qual a secao sera
      definida.
```

```

268     - mascara: mascara para identificar as celulas da parte que
          serao incluidas na secao.
269     """
270     # Criar um conjunto de celulas e atribuir uma secao a ele
271     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].Set(cells=mdb.models
          [nomeModelo].parts[nomePart].cells.getSequenceFromMask((
          mascara, ), ), name='set' + nomeCamada)
272     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].SectionAssignment(
          offset=0.0, offsetField='', offsetType=MIDDLE_SURFACE,
          region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].sets['set'
          + nomeCamada], sectionName='secao' + nomeCamada,
          thicknessAssignment=FROM_SECTION)
273
274     ## chamada principal para a criacao do modelo
275     def criarModelo(aviaoSelecionado, comprimentoSimulado,
          materialRevestimento, materialBase, materialSubleito,
          nomePropriedade, valorPropriedade, tamanhoDaMesh):
276         # validacao se mesh esta em ordem decrescente
277         tamanhoDaMesh.camadaRevestimento, tamanhoDaMesh.camadaBase,
          tamanhoDaMesh.camadaSubleito = sorted([tamanhoDaMesh.
          camadaRevestimento, tamanhoDaMesh.camadaBase,
          tamanhoDaMesh.camadaSubleito], reverse=False)
278         # Criacao do nome do modelo
279         if nomePropriedade[:4] == "Mesh":
280             nomeModelo = 'Md' + aviaoSelecionado.modelo +
          nomePropriedade
281             print(nomeModelo)
282         else:
283             nomeModelo = 'Md' + aviaoSelecionado.modelo +
          nomePropriedade + str(round(valorPropriedade, 4)).
          replace(".", ",")
284             print(nomeModelo)
285     mdb.Model(modelType=STANDARD_EXPLICIT, name=nomeModelo)
286     #

```

```
287 # Criacao do nome da part
288 nomePart = 'Pt' + nomeModelo
289 #
290 modelarPart(nomeModelo = nomeModelo, nomePart = nomePart,
             comprimentoSimulado = comprimentoSimulado,
             localizacaoRodaMediaX = aviaoSelecionado.
             localizacaoRodaMediaX, materialRevestimento =
             materialRevestimento, materialBase = materialBase,
             materialSubleito = materialSubleito)
291 #nomeModelo, nomePart, localizacaoRodaMediaX,
             comprimentoSimulado, materialRevestimento, materialBase,
             materialSubleito
292 #Datums de camadas
293 # Datums de camadas
294 # Criacao do material de revestimento no Abaqus
295 criarMaterialAbaqus(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
             materialRevestimento.nomeMaterial, moduloElasticidade =
             materialRevestimento.moduloElasticidade,
             coeficientePoisson = materialRevestimento.
             coeficientePoisson)
296 # Criacao do datum para a camada de revestimento
297 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart = nomePart,
             offsetDatum = materialBase.espessuraCamada +
             materialSubleito.espessuraCamada, planoPrincipalDatum =
             XYPLANE)
298 datumCamadaRevestimento = mdb.models[nomeModelo].parts[
             nomePart].datums[2]
299 # Criacao do material de base no Abaqus
300 criarMaterialAbaqus(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
             materialBase.nomeMaterial, moduloElasticidade =
             materialBase.moduloElasticidade, coeficientePoisson =
             materialBase.coeficientePoisson)
301 criarDatum(nomeModelo=nomeModelo, nomePart=nomePart,
             offsetDatum= materialSubleito.espessuraCamada,
```

```
planoPrincipalDatum=XYPLANE)
302 datumCamadaBase = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
    datums[3]
303 criarMaterialAbaqus(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
    materialSubleito.nomeMaterial, moduloElasticidade =
    materialSubleito.moduloElasticidade, coeficientePoisson
    = materialSubleito.coeficientePoisson)
304 criarDatum(nomeModelo=nomeModelo, nomePart=nomePart,
    offsetDatum= 0, planoPrincipalDatum=XYPLANE)
305 datumCamadaSubleito = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
    ].datums[4]
306 criarDatum(nomeModelo=nomeModelo, nomePart=nomePart,
    offsetDatum= materialRevestimento.espesuraCamada +
    materialBase.espesuraCamada + materialSubleito.
    espesuraCamada, planoPrincipalDatum=XYPLANE)
307 datumCamadaSuperficie = mdb.models[nomeModelo].parts[
    nomePart].datums[5]
308 #
309 #Recortar as parts Revestimento, Base e Subleito
310 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
    nomePart, objetoDatum = datumCamadaRevestimento)
311 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
    nomePart, objetoDatum = datumCamadaBase)
312 #
313 #Definicao de secoes
314 definicaoSet(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
    materialRevestimento.nomeMaterial, nomeCamada =
    materialRevestimento.nomeCamada)
315 definicaoSet(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
    materialBase.nomeMaterial, nomeCamada = materialBase.
    nomeCamada)
316 definicaoSet(nomeModelo = nomeModelo, nomeMaterial =
    materialSubleito.nomeMaterial, nomeCamada =
    materialSubleito.nomeCamada)
```

```
317 #
318 #atribuicao de secoes
319 definirSecao(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              nomeCamada = materialRevestimento.nomeCamada , mascara =
              '#2 ')
320 definirSecao(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              nomeCamada = materialBase.nomeCamada , mascara = '#4 ')
321 definirSecao(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              nomeCamada = materialSubleito.nomeCamada , mascara = '#1
              ')
322 #
323 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              offsetDatum = aviaoSelecioneado.localizacaoDatumRoda1_1 ,
              planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado .
              planoPrincipalDatumRoda1_1)
324 datumRoda1_1 = mdb.models [nomeModelo].parts [nomePart].
              datums [11]
325 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              offsetDatum = aviaoSelecioneado.localizacaoDatumRoda1_2 ,
              planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado .
              planoPrincipalDatumRoda1_2)
326 datumRoda1_2 = mdb.models [nomeModelo].parts [nomePart].
              datums [12]
327 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              offsetDatum = aviaoSelecioneado.rodaInternaX ,
              planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado .
              planoPrincipalDatumRoda1_2)
328 datumRoda1_3 = mdb.models [nomeModelo].parts [nomePart].
              datums [13]
329 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo , nomePart = nomePart ,
              offsetDatum = aviaoSelecioneado.localizacaoDatumRoda1_3 ,
              planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado .
              planoPrincipalDatumRoda1_3)
```

```
330 datumRoda2_1 = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
      datums[14]
331 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart = nomePart,
      offsetDatum = aviaoSelecioneado.localizacaoDatumRoda1_4,
      planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado.
      planoPrincipalDatumRoda1_4)
332 datumRoda2_2 = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
      datums[15]
333 criarDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart = nomePart,
      offsetDatum = aviaoSelecioneado.rodaInternaY,
      planoPrincipalDatum = aviaoSelecioneado.
      planoPrincipalDatumRoda1_4)
334 datumRoda2_3 = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
      datums[16]
335 #
336 #Recortar datums das rodas
337 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
      nomePart, objetoDatum = datumRoda1_1)
338 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
      nomePart, objetoDatum = datumRoda1_2)
339 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
      nomePart, objetoDatum = datumRoda1_3)
340 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart =
      nomePart, objetoDatum = datumRoda2_1)
341 if aviaoSelecioneado.tipoEixo != 'simples':
342     recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart
      = nomePart, objetoDatum = datumRoda2_2)
343     recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart
      = nomePart, objetoDatum = datumRoda2_3)
344 #
345 mdb.models[nomeModelo].HomogeneousSolidSection(material='
      Camada asfaltica', name='secaoRevestimento', thickness=
      None)
346 #
```



```

347 # Definicao de Assembly
348 nomeAssembly = 'asb' + nomePart
349 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Instance(dependent=ON,
        name=nomeAssembly, part=mdb.models[nomeModelo].parts[
        nomePart])
350 #
351 # Definicao de Step
352 nomeStep = 'stp' + nomePart
353 mdb.models[nomeModelo].StaticStep(initialInc=0.01, maxInc
        =0.1, maxNumInc=1000, name=nomeStep, previous='Initial')
354 #Superficie de carga
355 nomeSuperficie = 'sp' + nomePart
356 #
357 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Surface(name=
        nomeSuperficie, side1Faces=mdb.models[nomeModelo].
        rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
        getSequenceFromMask((aviaoSelecioneado.mascaSuperficie,
        ), ))
358 #
359 # Definicao de carga
360 nomeCarga = 'crg' + nomePart
361 #Alterar carga do aviao e objeto correspondente
362 mdb.models[nomeModelo].Pressure(amplitude=UNSET,
        createStepName=nomeStep, distributionType=UNIFORM, field
       ='', magnitude=aviaoSelecioneado.carregamento, name=
        nomeCarga, region=mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.
        surfaces[nomeSuperficie])
363 #
364 # Fundo
365 bcNomeFundo = 'fnd' + nomePart
366 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Set(faces=mdb.models[
        nomeModelo].rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
        getSequenceFromMask((aviaoSelecioneado.
        mascaraCondicaoContornoFundo, ), ), name=bcNomeFundo)

```

```

367 mdb.models[nomeModelo].DisplacementBC(amplitude=UNSET,
      createStepName='Initial', distributionType=UNIFORM,
      fieldName='', localCsys=None, name=bcNomeFundo, region=
      mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.sets[bcNomeFundo],
      u1=SET, u2=SET, u3=SET, ur1=SET, ur2=SET, ur3=SET)
368 # Simetria
369 bcNomeSimetriaY = 'smtY' + nomePart
370 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Set(faces=mdb.models[
      nomeModelo].rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
      getSequenceFromMask((aviaoSelecionado.
      mascaraCondicaoContornoSimetriaY , ), ), name=
      bcNomeSimetriaY)
371 mdb.models[nomeModelo].YsymmBC(createStepName='Initial',
      localCsys=None, name=bcNomeSimetriaY, region=mdb.models[
      nomeModelo].rootAssembly.sets[bcNomeSimetriaY])
372 bcNomeSimetriaX = 'smtX' + nomePart
373 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Set(faces=mdb.models[
      nomeModelo].rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
      getSequenceFromMask((aviaoSelecionado.
      mascaraCondicaoContornoSimetriaX, ), ), name=
      bcNomeSimetriaX)
374 mdb.models[nomeModelo].XsymmBC(createStepName='Initial',
      localCsys=None, name=bcNomeSimetriaX, region=mdb.models[
      nomeModelo].rootAssembly.sets[bcNomeSimetriaX])
375 #
376 #
377 # Trava Y
378 bcNomeTravaY = 'tvY' + nomePart
379 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Set(faces=mdb.models[
      nomeModelo].rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
      getSequenceFromMask((aviaoSelecionado.
      mascaraCondicaoContornoTravaY, ), ), name=bcNomeTravaY)
380 mdb.models[nomeModelo].DisplacementBC(amplitude=UNSET,
      createStepName='Initial', distributionType=UNIFORM,

```

```

        fieldName='', localCsys=None, name=bcNomeTravaY, region=
        mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.sets[bcNomeTravaY],
        u1=UNSET, u2=SET, u3=UNSET, ur1=UNSET, ur2=UNSET, ur3=
        UNSET)
381 # Field Output
382 mdb.models[nomeModelo].fieldOutputRequests['F-Output-1'].
        setValues(variables=('S', 'E', 'U'))
383 ## e tandem triplo?
384 if aviaoSelecioneado.tipoEixo == 'tandemTriplo':
385     criarDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart = nomePart
        , offsetDatum = aviaoSelecioneado.
        comprimentoContatoPneu/2, planoPrincipalDatum =
        aviaoSelecioneado.planoPrincipalDatumRoda1_3)
386 datumRoda3_1 = mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        datums[23]
387 recortarPartPorDatum(nomeModelo = nomeModelo, nomePart
        = nomePart, objetoDatum = datumRoda3_1)
388 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.Surface(name=
        nomeSuperficie, side1Faces=mdb.models[nomeModelo].
        rootAssembly.instances[nomeAssembly].faces.
        getSequenceFromMask(('[#0:2 #240 #11000000 #0
        #400000 #200 ]', ), ), ))
389 # Mesh
390 if aviaoSelecioneado.tipoEixo == 'simples':
391     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
        constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
        models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
        getSequenceFromMask(('[#7d640008 #0 #8000700e #403
        f403 ]', ), ), ), minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh
        .camadaRevestimento)
392     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
        constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
        models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
        getSequenceFromMask(('[#2800227 #0 #30100000 #40440

```

```

a2c ]', ), ), minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.
camadaBase)
393 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0 #40000000 ]', ), ),
end2Edges=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
edges.getSequenceFromMask(('[#80000000 #280420 #11 ]
', ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito,
minSize=tamanhoDaMesh.camadaRevestimento)
394 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0:4 #10 ]', ), ), end2Edges=
mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#110000 #0:3 #1 ]', ), ),
maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
tamanhoDaMesh.camadaRevestimento)
395 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0:2 #400 ]', ), ), end2Edges
=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0 #10008000 #20000 ]', ), ),
maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
tamanhoDaMesh.camadaBase)
396 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end2Edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0:3 #20000000 ]', ), ),
maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
tamanhoDaMesh.camadaBase)
397 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.

```

```

models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#950 #0 #4000000 #50 ]', ),
), end2Edges=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
edges.getSequenceFromMask(('[#0:2 #200000 ]', ), ),
maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
tamanhoDaMesh.camadaBase)
398 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#ad480 #afd77bdf #fcd8be0 #83
a80180 #e ]', ), ), minSizeFactor=0.1, size=
tamanhoDaMesh.camadaSubleito)
399 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[6], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
cells[12], sense=FORWARD)
400 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[46], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
cells[4], sense=REVERSE)
401 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[80], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
cells[13], sense=REVERSE)
402 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[59], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
cells[14], sense=REVERSE)
403 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[129], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[15], sense=REVERSE)
404 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.

```

```

models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#8000 #8004000 #210000
#80000100 #2 ]', ), ), end2Edges=mdb.models[
nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#950 #0 #40000000 #50 ]', ),
), maxSize=3.0, minSize=0.1)
405 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setElementType(
elemTypes=(ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
STANDARD), ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
STANDARD), ElemType(elemCode=UNKNOWN_TET,
elemLibrary=STANDARD)), regions=(mdb.models[
nomeModelo].parts[nomePart].cells.
getSequenceFromMask(('[#f01e ]', ), ), ))
406 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
assignStackDirection(cells=mdb.models[nomeModelo].
parts[nomePart].cells.getSequenceFromMask(('[#ffffff
] ', ), ), referenceRegion=mdb.models[nomeModelo].
parts[nomePart].faces[97])
407 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
algorithm=ADVANCING_FRONT, regions=mdb.models[
nomeModelo].parts[nomePart].cells.
getSequenceFromMask(('[#ffffff ]', ), ), technique=
SWEEP)
408 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
regions=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].cells
.getSequenceFromMask(('[#ff0fe1 ]', ), ), technique=
STRUCTURED)
409 elif aviaoSelecionado.tipoEixo == 'tandemDuplo':
410 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#fe422 #80002200 #16789fff
#4000fe0 #1ffa389 #10 #1e000020 ]', ), ),
minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.

```

```

camadaRevestimento)
411 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
    constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#30005d #22240080 #49876000
    #48410000 #6005c36 #c #600000]', '#10 ]'), ),
    minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.camadaBase)
412 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#ac00000 #44480000 #0
    #80820000 #b8000000 ]', ), ), end2Edges=mdb.models[
    nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#0:4 #40 ]', ), ), maxSize=
    tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=tamanhoDaMesh.
    camadaBase)
413 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end2Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#100 #0 #80000000 #0:4 #8 ]',
    ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize
    =tamanhoDaMesh.camadaBase)
414 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#0:6 #800 ]', ), ), end2Edges
    =mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#0:5 #100000 #8001 ]', ), ),
    maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
    tamanhoDaMesh.camadaBase)
415 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(('[#0:7 #400 ]', ), ), end2Edges

```

```

=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#1080 #4400 #0 #14 #0:3 #40 ]
', ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito,
minSize=tamanhoDaMesh.camadaRevestimento)
416 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0:6 #4 ]', ), ), end2Edges=
mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#0:5 #5010820 #50 ]', ), ),
maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
tamanhoDaMesh.camadaRevestimento)
417 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
getSequenceFromMask(('[#f5000a00 #1993987f #20000000
#333cf00b #40000000 #faeef7c3 #e19f778a', '#3a7 ]'
), ), minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.
camadaSubleito)
418 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[229], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[37], sense=REVERSE)
419 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[179], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[27], sense=REVERSE)
420 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[62], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
cells[8], sense=FORWARD)
421 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[27], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].

```



```

        cells[9], sense=FORWARD)
422 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [155], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart]
        .cells[38], sense=FORWARD)
423 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [159], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart]
        .cells[39], sense=FORWARD)
424 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [231], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart]
        .cells[40], sense=REVERSE)
425 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [113], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart]
        .cells[26], sense=FORWARD)
426 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [127], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart]
        .cells[25], sense=FORWARD)
427 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setElementType(
        elemTypes=(ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
        STANDARD), ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
        STANDARD), ElemType(elemCode=UNKNOWN_TET,
        elemLibrary=STANDARD)), regions=(mdb.models[
        nomeModelo].parts[nomePart].cells.
        getSequenceFromMask(('[#f3c0780 #1e0 ]', ), ), ))
428 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        assignStackDirection(cells=mdb.models[nomeModelo].
        parts[nomePart].cells.getSequenceFromMask(('[#
        ffffffff #ffff ]', ), ), ), referenceRegion=mdb.models[
        nomeModelo].parts[nomePart].faces[183])

```

```

429     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
        algorithm=ADVANCING_FRONT, regions=mdb.models[
            nomeModelo].parts[nomePart].cells.
            getSequenceFromMask(('[#ffffff #fff ]', ), ),
            technique=SWEEP)
430     mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
        regions=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].cells
            .getSequenceFromMask(('[#f0c3f87f #fe1f ]', ), ),
            technique=STRUCTURED)
431     elif aviaoSelecionado.tipoEixo == 'tandemTriplo':
432         mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
            constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
            models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
            getSequenceFromMask(('[#80007f92 #fec1c20 #44000074
            #1fc8 #fff00044 #122001f3 #2003ff47', ' #1000000 #
            f000 ]'), ), minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.
            camadaRevestimento)
433         mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
            constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
            models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
            getSequenceFromMask(('[#1806d #c0102000 #ba01c988
            #6000 #92801 #6cc8800c #180c00b8', ' #0 #800300 ]'),
            ), minSizeFactor=0.1, size=tamanhoDaMesh.camadaBase
            )
434         mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
            biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
            models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
            getSequenceFromMask(('[#0:8 #20000000 ]', ), ),
            end2Edges=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
            edges.getSequenceFromMask(('[#48000000 #41 #0 #21
            #88 #0:3 #2000000 ]', ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.
            camadaSubleito, minSize=tamanhoDaMesh.
            camadaRevestimento)

```

```

435 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(['[#0:7 #200000 ]', ), ),
    end2Edges=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
    edges.getSequenceFromMask(['[#0:6 #40000000 #2802a12
    ]', ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito,
    minSize=tamanhoDaMesh.camadaRevestimento)
436 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end2Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(['[#1000000 #4000 #0 #2:2 #0:3
    #400000 ]', ), ), maxSize=tamanhoDaMesh.
    camadaSubleito, minSize=tamanhoDaMesh.camadaBase)
437 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(['[#0:7 #40000000 ]', ), ),
    end2Edges=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
    edges.getSequenceFromMask(['[#0:7 #80080 #4 ]', ), )
    , maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
    tamanhoDaMesh.camadaBase)
438 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeByBias(
    biasMethod=SINGLE, constraint=FINER, end1Edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(['[#560000 #0 #442002 #158000 #0
    #1110000 #1700000 ]', ), ), end2Edges=mdb.models[
    nomeModelo].parts[nomePart].edges.
    getSequenceFromMask(['[#0:5 #80000000 ]', ), ),
    maxSize=tamanhoDaMesh.camadaSubleito, minSize=
    tamanhoDaMesh.camadaBase)
439 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].seedEdgeBySize(
    constraint=FINER, deviationFactor=0.1, edges=mdb.
    models[nomeModelo].parts[nomePart].edges.

```

```
        getSequenceFromMask(('[#36a80000 #3003839e #1ba1601
        #ffea0014 #6d730 #67e00 #86800000', ' #bc57d76d #1
        d3f0cfb ]'), ), minSizeFactor=0.1, size=
        tamanhoDaMesh.camadaSubleito)
440 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [49], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        cells[8], sense=REVERSE)
441 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [20], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        cells[18], sense=REVERSE)
442 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [17], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        cells[17], sense=REVERSE)
443 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [18], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        cells[16], sense=REVERSE)
444 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [26], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
        cells[19], sense=REVERSE)
445 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [118], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
        ].cells[44], sense=REVERSE)
446 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
        [213], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
        ].cells[49], sense=REVERSE)
447 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
        edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
```

```

[212], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[50], sense=REVERSE)
448 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[214], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[51], sense=REVERSE)
449 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setSweepPath(
edge=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].edges
[282], region=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart
].cells[52], sense=REVERSE)
450 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setElementType(
elemTypes=(ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
STANDARD), ElemType(elemCode=AC3D8R, elemLibrary=
STANDARD), ElemType(elemCode=UNKNOWN_TET,
elemLibrary=STANDARD)), regions=(mdb.models[
nomeModelo].parts[nomePart].cells.
getSequenceFromMask(('[#c00f01e0 #1e1e03 ]', ), ), )
)
451 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].
assignStackDirection(cells=mdb.models[nomeModelo].
parts[nomePart].cells.getSequenceFromMask(('[#
ffffffff #ffffffff ]', ), ), referenceRegion=mdb.
models[nomeModelo].parts[nomePart].faces[226])
452 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
algorithm=ADVANCING_FRONT, regions=mdb.models[
nomeModelo].parts[nomePart].cells.
getSequenceFromMask(('[#ffffffff #ffffffff ]', ), ),
technique=SWEEP)
453 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].setMeshControls(
regions=mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].cells
.getSequenceFromMask(('[#3ff0fe1f #fe1e1fc ]', ), ),
technique=STRUCTURED)
454 mdb.models[nomeModelo].parts[nomePart].generateMesh()

```

```

455 #
      #####

456 #Criacao de reference points
457 ## 0, roda ##
458 # Ponto de simetria do eixo - Geometrico
459 # Ponto de embaixo do pneu
460 # Ponto de simetria do pneu
461 # Para cada aeronave
462 # for noInteresse in aviaoSelecionado.nosInteresse:
463 #     mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.ReferencePoint(
      point=mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.instances[
      nomeAssembly].vertices[noInteresse])
464 #Datums de rodas
465 #
      #####

466 #regerar assembly
467 mdb.models[nomeModelo].rootAssembly.regenerate()
468 # Job
469 nomeJob = 'job' + nomePart
470 mdb.Job(atTime=None, contactPrint=OFF, description='',
      echoPrint=OFF, explicitPrecision=SINGLE,
      getMemoryFromAnalysis=True, historyPrint=OFF, memory=90,
      memoryUnits=PERCENTAGE, model=nomeModelo, modelPrint=
      OFF,
471 multiprocessingMode=THREADS, name=nomeJob,
      nodalOutputPrecision=SINGLE, numCpus=24, numDomains=24,
      numGPUs=1, queue=None, resultsFormat=ODB, scratch='',
      type=ANALYSIS, userSubroutine='', waitHours=0,
      waitMinutes=0)
472 mdb.jobs[nomeJob].writeInput(consistencyChecking=OFF)
473 del mdb.jobs[nomeJob]

```

```
474     substituir_tipo_elemento(nomeJob + '.inp', 'type=AC3D8R', '
         type=CIN3D8')
475     mdb.ModelFromInputFile(inputFileName=nomeJob + '.inp', name
         =nomeJob)
476     mdb.JobFromInputFile(atTime=None, explicitPrecision=SINGLE,
477     getMemoryFromAnalysis=True, inputFileName=nomeJob + '.inp',
         memory=97, memoryUnits=PERCENTAGE, multiprocessingMode=
         DEFAULT, name=
478     nomeJob, nodalOutputPrecision=SINGLE, numCpus=24,
         numDomains=24, numGPUs=1, queue=None, resultsFormat=ODB,
         scratch='', type=ANALYSIS, userSubroutine='', waitHours
         =0, waitMinutes=0)
479     return SaidaModelos(nomeJob = nomeJob, nomeStep = nomeStep,
         nomePropriedade = nomePropriedade, valorPropriedade =
         valorPropriedade, modeloAviao = aviaoSelecionado.modelo,
         nosInteresse = aviaoSelecionado.nosInteresse)
480
481
482 def rangePropriedade(indiceInicial, numeroRepeticoes,
         fatorDeCrescimento):
483     # Funcao para gerar uma lista de valores Propriedade com
         base no fator de crescimento
484     return [round(indiceInicial * (fatorDeCrescimento ** i), 4)
         for i in range(numeroRepeticoes)]
485
486
487
488 def avioesBase():
489     # Funcao para criar objetos aviao com parametros
         especificos
490     # Criacao de objetos para os modelos de aviao (B737800,
         B767300, B777300) com parametros especificos
491     # Adiciona os objetos a lista listaAvioes e retorna a lis
492     listaAvioes = []
```

```

493 # Funcao para inicializar o codigo com base em parametros
      de entrada
494 # Cria um objeto aviao do modelo Boeing 737-800 com
      parametros especificos
495 boeing737800 = Aviao(modelo='B737800', tipoEixo = 'simples'
      ,roda1DistanciaEixoNuloX=3.2893,roda1DistanciaEixoNuloY
      =0, roda2DistanciaEixoNuloX=2.4257,
      roda2DistanciaEixoNuloY = 0, larguraContatoPneu=0.323,
      comprimentoContatoPneu=0.517,
496         carregamento=1406.53E3,
            mascaraCondicaoContornoFundo = '
              [#1000000 #8181 #2010 #2 ]' ,
            mascaraCondicaoContornoSimetriaX = '
              [#0 #20144000 #8140c409 ]',
            mascaraCondicaoContornoSimetriaY = '
              [#804a000 #42 #5a280000 ]',
497         mascaraCondicaoContornoTravaY = '[#0
              #48890000 #24110a02 ]',
            mascaraSuperficie = '[#0 #200000
              #100 ]', nosInteresse=[23, 22, 26,
              53, 54, 55, 39, 44, 47])
498 # Cria um objeto aviao do modelo Boeing 767-300 com
      parametros especificos
499 boeing767300 = Aviao(modelo='B767300', tipoEixo = '
      tandemDuplo', roda1DistanciaEixoNuloX=5.2197,
      roda1DistanciaEixoNuloY=0.7112, roda2DistanciaEixoNuloX
      =4.0767, roda2DistanciaEixoNuloY = 0.7112,
      larguraContatoPneu=0.332, comprimentoContatoPneu=0.531,
500         carregamento=1344.48E3,
            mascaraCondicaoContornoFundo = '
              [#1481000 #4800000 #9 #60404000
              #4000020 #800008 ]' ,
            mascaraCondicaoContornoSimetriaX = '
              [#0:4 #2480510 #205031 ]',

```



```

                    mascaraCondicaoContornoSimetriaY = '
                        [#80126000 #51000001 #44100
                        #10820128 #0 #168a00 ]',
501 mascaraCondicaoContornoTravaY = '#0:4
                        #80922240 #90442 ]',
                    mascaraSuperficie = '#48000000 #0
                        #22000 ]', nosInteresse=[9, 6, 7,
                        10, 1, 0, 13, 12, 14, 80, 79, 83,
                        72, 66, 60, 73, 71, 67])
502 # Cria um objeto aviao do modelo Boeing 777-300 com
                    parametros especificos
503 boeing777300 = Aviao(modelo='B777300', tipoEixo = '
                    tandemTriplo', roda1DistanciaEixoNuloX=6.1849,
                    roda1DistanciaEixoNuloY=1.4478, roda2DistanciaEixoNuloX
                    =4.7879, roda2DistanciaEixoNuloY = 1.4478,
                    larguraContatoPneu=0.354, comprimentoContatoPneu=0.566,
504 carregamento=1503.06E3,
                    mascaraCondicaoContornoFundo = '
                        [#1481000 #4800000 #9 #60404000
                        #4000020 #800008 ]',
                    mascaraCondicaoContornoSimetriaX = '
                        [#0:4 #2480510 #205031 ]',
                    mascaraCondicaoContornoSimetriaY = '
                        [#80126000 #51000001 #44100
                        #10820128 #0 #168a00 ]',
505 mascaraCondicaoContornoTravaY = '#0:4
                        #80922240 #90442 ]',
                    mascaraSuperficie = '#48000000 #0
                        #22000 ]', nosInteresse=[56 ,53 ,54
                        ,57 ,48 ,47 ,60 ,59 ,61 ,23 ,22 ,26
                        ,95 ,89 ,85 ,96 ,94 ,90])
506 listaAvioes.append(boeing737800)
507 listaAvioes.append(boeing767300)
508 listaAvioes.append(boeing777300)

```

```
509     return listaAvioes
510
511 def materiaisBase():
512     # Funcao para criar objetos material com parametros
513     # especificos
514     # Criacao de objetos para os materiais (Revestimento, Base,
515     # Subleito) com parametros especificos
516     # Adiciona os objetos a lista listaMateriais e retorna a
517     # lista
518     listaMateriais = []
519     materialRevestimento = Material(nomeCamada='Revestimento',
520     nomeMaterial='Camada asfaltica', espessuraCamada=0.1,
521     moduloElasticidade=1500E6, coeficientePoisson=0.30)
522     materialBase = Material(nomeCamada='Base', nomeMaterial='
523     BGS', espessuraCamada=0.3, moduloElasticidade=250E6,
524     coeficientePoisson=0.35)
525     materialSubleito = Material(nomeCamada='Subleito',
526     nomeMaterial='Material do Subleito', espessuraCamada
527     =3.15, moduloElasticidade=200E6, coeficientePoisson
528     =0.35)
529     listaMateriais.append(materialRevestimento)
530     listaMateriais.append(materialBase)
531     listaMateriais.append(materialSubleito)
532     return listaMateriais
533
534 def processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson):
535     # Funcao para processar os modelos e gerar um arquivo JSON
536     # de saida
537     # Converte a lista de objetos em uma lista de dicionarios
538     # para a saida em JSON
539     # Itera sobre a lista de objetos e cria dicionarios com
540     # informacoes relevantes
541     # Escreve a lista de dicionarios em um arquivo JSON
```

```
529 # Convertendo a lista de objetos em uma lista de
      dicionarios para saida em JSON
530 os.chdir("C:/Users/gusta/resultados_abacus/")
531 nomesJob = []
532 modelos_Saida = []
533 for objeto in listaJobs:
534     if any(objeto.nomeJob == nomeJobExistente for
      nomeJobExistente in nomesJob):
535         pass
536     else:
537         nomesJob.append(objeto.nomeJob)
538         dicionario = {
539             "nomeJob": objeto.nomeJob,
540             "nomeStep": objeto.nomeStep,
541             "nomePropriedade": objeto.nomePropriedade,
542             "valorPropriedade": objeto.valorPropriedade,
543             "modeloAviao": objeto.modeloAviao,
544             "nosInteresse": objeto.nosInteresse
545         }
546         modelos_Saida.append(dicionario)
547 # Escrevendo a lista de dicionarios em um arquivo JSON
548 with open(nomeJson, "w") as arquivo_json:
549     json.dump(modelos_Saida, arquivo_json, indent=4)
550     if rodarJobs == True:
551         # Se a variavel rodarJobs for True, executa os jobs
552         for job in listaJobs:
553             mdb.jobs[job.nomeJob].submit(
554                 consistencyChecking=OFF)
555             #job.submit(consistencyChecking=OFF)
556             #mdb.jobs[job.nomeJob].waitForCompletion()
557             print([job.nomeJob, mdb.jobs[job.nomeJob].
558                 status])
559             # Submete cada job para execucao
```

```
559 def inicializarCodigoModelosPrincipais(rodarJobs, intervalos,
    comprimentoPavimentoSimulado):
560     # Funcao para inicializar a criacao dos modelos principais
        com diferentes parametros
561     # Cria objetos aviao e material base
562     # Cria um objeto tamanhoDaMesh com base nas espessuras das
        camadas
563     # Cria uma lista de jobs vazia
564     # Cria um modelo para cada aviao com os parametros
        especificados
565     # Para cada aviao, varia diferentes parametros (espessura,
        elasticidade, Poisson, carregamento)
566     # Cria os modelos e adiciona os jobs a lista de jobs
567     # Processa os modelos e gera o arquivo JSON de saida
568     boeing737800, boeing767300, boeing777300 = avioesBase()[0],
        avioesBase()[1], avioesBase()[2]
569     materialRevestimento, materialBase, materialSubleito=
        materiaisBase()[0], materiaisBase()[1], materiaisBase()
        [2]
570     #
571     # Cria um objeto material para o subleito com parametros
        especificos
572     nomePropriedade= 'Base'
573     tamanhoDaMesh = TamanhoMesh(camadaRevestimento = 0.05,
        camadaBase = 0.1, camadaSubleito = 0.5)
574     listaJobs = []
575     comprimentoSimulado = comprimentoPavimentoSimulado
576     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing737800,
        materialRevestimento=materialRevestimento,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado, materialBase=
        materialBase, materialSubleito=materialSubleito,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
        nomePropriedade, valorPropriedade = 0))
```

```
577 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing767300 ,
    materialRevestimento=materialRevestimento ,
    comprimentoSimulado=comprimentoSimulado , materialBase=
    materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
    tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade =
    nomePropriedade , valorPropriedade = 0))
578 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300 ,
    materialRevestimento=materialRevestimento ,
    comprimentoSimulado=comprimentoSimulado , materialBase=
    materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
    tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade =
    nomePropriedade , valorPropriedade = 0))
579 # Cria um modelo utilizando o aviao selecionado e os
    materiais definidos , e adiciona o job a lista de jobs
580 #####
581 ##### Variacoes
582 #Investigacao espessura camada revestimento
583 listaAvioes = [boeing737800 , boeing767300 , boeing777300]
584 for aviaoSelecionado in listaAvioes:
585     nomePropriedade= 'espRev'
586     for espessuraRevestimento in intervalos.
        intervaloEspessuraRevestimento:
587         materialRevestimento.espessuraCamada =
            espessuraRevestimento
588         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado , comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado , materialRevestimento=
            materialRevestimento , materialBase=materialBase ,
            materialSubleito=materialSubleito ,
            tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade =
            nomePropriedade , valorPropriedade =
            espessuraRevestimento))
589         materialRevestimento = materiaisBase() [0]
590         nomePropriedade= 'espBas'
```

```
591     for espessuraBase in intervalos.intervaloEspessuraBase:
592         materialBase.espessuraCamada = espessuraBase
593         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito,
            tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
            nomePropriedade, valorPropriedade =
            espessuraBase))
594     materialBase = materiaisBase()[1]
595     nomePropriedade= 'elasRev'
596     for elasticidadeRevestimento in intervalos.
            intervaloElasticidadeRevestimento:
597         materialRevestimento.moduloElasticidade =
            elasticidadeRevestimento
598         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito,
            tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
            nomePropriedade, valorPropriedade =
            elasticidadeRevestimento))
599     materialRevestimento = materiaisBase()[0]
600     nomePropriedade= 'elasBas'
601     for elasticidadeBase in intervalos.
            intervaloElasticidadeBase:
602         materialBase.moduloElasticidade = elasticidadeBase
603         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito,
```

```
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
        nomePropriedade, valorPropriedade =
        elasticidadeBase))
604 materialBase = materiaisBase()[1]
605 nomePropriedade= 'elasSub'
606 for elasticidadeSubleito in intervalos.
        intervaloElasticidadeSubleito:
607     materialSubleito.moduloElasticidade =
        elasticidadeSubleito
608     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecioneado=
        aviaoSelecioneado, comprimentoSimulado=
        comprimentoSimulado, materialRevestimento=
        materialRevestimento, materialBase=materialBase,
        materialSubleito=materialSubleito,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
        nomePropriedade, valorPropriedade =
        elasticidadeSubleito))
609 materialSubleito = materiaisBase()[2]
610 nomePropriedade= 'poiRev'
611 for poissonRevestimento in intervalos.
        intervaloPoissonRevestimento:
612     materialRevestimento.coeficientePoisson =
        poissonRevestimento
613     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecioneado=
        aviaoSelecioneado, comprimentoSimulado=
        comprimentoSimulado, materialRevestimento=
        materialRevestimento, materialBase=materialBase,
        materialSubleito=materialSubleito,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
        nomePropriedade, valorPropriedade =
        poissonRevestimento))
614 materialRevestimento = materiaisBase()[0]
615 nomePropriedade= 'poiBas'
616 for poissonBase in intervalos.intervaloPoissonBase:
```

```
617     materialBase.coeficientePoisson = poissonBase
618     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
        aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
        comprimentoSimulado, materialRevestimento=
        materialRevestimento, materialBase=materialBase,
        materialSubleito=materialSubleito,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
        nomePropriedade, valorPropriedade = poissonBase)
        )
619     materialBase = materiaisBase()[1]
620     nomePropriedade= 'poiSub'
621     for poissonSubleito in intervalos.
        intervaloPoissonSubleito:
622         materialSubleito.coeficientePoisson =
            poissonSubleito
623         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito,
            tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
            nomePropriedade, valorPropriedade =
            poissonSubleito))
624     materialSubleito = materiaisBase()[2]
625     nomePropriedade= 'carregamento'
626     for carregamento in intervalos.intervaloCarga:
627         aviaoSelecionado.carregamento = carregamento
628         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=
            aviaoSelecionado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito, tamanhoDaMesh
            = tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
            nomePropriedade, valorPropriedade = carregamento
```



```

        ))
629     processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson = '
           dadosModelosSaidaPrincipais.json')
630
631 def iniciarCodigoCalibracaoMesh(rodarJobs,
           comprimentoPavimentoSimulado, espessuraSubleito):
632     boeing737800, boeing767300, boeing777300 = avioesBase()[0],
           avioesBase()[1], avioesBase()[2]
633     materialRevestimento, materialBase, materialSubleito =
           pavimentoCritico()[0], pavimentoCritico()[1],
           pavimentoCritico()[2]
634     materialSubleito.espessuraCamada = espessuraSubleito
635     tamanhoDaMesh = TamanhoMesh(camadaRevestimento = 0.05,
           camadaBase = 0.20, camadaSubleito = 0.75)
636     listaJobs = []
637     meshRevestimento = [0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.30, 0.35,
           0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6]
638     meshBase = [0.1, 0.2, 0.30, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9,
           1, 1.1, 1.2]
639     meshSubleito = [0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0,
           2.25, 2.5, 2.75, 3]
640     nomesJob = []
641     comprimentoSimulado = comprimentoPavimentoSimulado
642     for revestimento in meshRevestimento:
643         tamanhoDaMesh.camadaRevestimento = revestimento
644         for base in meshBase:
645             tamanhoDaMesh.camadaBase = base
646             for subleito in meshSubleito:
647                 aviaoSelecionado = boeing777300
648                 nomeModelo = "Mesh" + str(round(revestimento,
           4)).replace(".", ",") + "-" + str(round(base,
           4)).replace(".", ",") + "-" + str(round(
           subleito, 4)).replace(".", ",")
649                 tamanhoDaMesh.camadaSubleito = subleito

```

```

650         if any(nomeModelo == nomeJobExistente for
                nomeJobExistente in nomesJob):
651             pass
652         else:
653             nomesJob.append(nomeModelo)
654             listaJobs.append(criarModelo(
                aviaoSelecioneado=boeing777300,
                comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,
                materialRevestimento=
                materialRevestimento, materialBase=
                materialBase, materialSubleito=
                materialSubleito, tamanhoDaMesh=
                tamanhoDaMesh, nomePropriedade =
                nomeModelo, valorPropriedade = subleito)
                )
655     processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson = '
                dadosModelosSaidaCalibracaoMesh.json')
656
657 def iniciarCodigoPavimentocritico(rodarJobs, intervalos,
    comprimentoPavimentoSimulado):
658     boeing777300 = avioesBase()[2]
659     materialRevestimento, materialBase, materialSubleito =
        materiaisBase()[0], materiaisBase()[1], materiaisBase()
        [2]
660     tamanhoDaMesh = TamanhoMesh(camadaRevestimento = 0.05,
        camadaBase = 0.10, camadaSubleito = 0.25)
661     listaJobs = []
662     materialRevestimento.espesuraCamada = intervalos.
        intervaloEspesuraRevestimento[0]
663     materialSubleito.espesuraCamada = 10
664     comprimentoSimulado = comprimentoPavimentoSimulado
665     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecioneado=boeing777300,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,
        materialRevestimento=materialRevestimento, materialBase=

```

```
        materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade = "
        PCEspRev" , valorPropriedade = materialRevestimento .
        espessuraCamada))
666 materialRevestimento = materiaisBase()[0]
667 #
668 materialBase.espessuraCamada = intervalos .
        intervaloEspessuraBase[0]
669 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300 ,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado ,
        materialRevestimento=materialRevestimento , materialBase=
        materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade = "
        PCEspBase" , valorPropriedade = materialBase .
        espessuraCamada))
670 materialBase = materiaisBase()[1]
671 #
672 materialRevestimento.coeficientePoisson = intervalos .
        intervaloPoissonRevestimento[-1]
673 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300 ,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado ,
        materialRevestimento=materialRevestimento , materialBase=
        materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh , nomePropriedade = "
        PCPoiRev" , valorPropriedade = materialRevestimento .
        coeficientePoisson))
674 materialRevestimento = materiaisBase()[0]
675 #
676 materialBase.coeficientePoisson = intervalos .
        intervaloPoissonBase[-1]
677 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300 ,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado ,
        materialRevestimento=materialRevestimento , materialBase=
        materialBase , materialSubleito=materialSubleito ,
```

```
tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "  
PCPoiBas", valorPropriedade = materialBase.  
coeficientePoisson))  
678 materialBase = materiaisBase()[1]  
679 #  
680 materialSubleito.coeficientePoisson = intervalos.  
intervaloPoissonSubleito[-1]  
681 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300,  
comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,  
materialRevestimento=materialRevestimento, materialBase=  
materialBase, materialSubleito=materialSubleito,  
tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "  
PCPoiSub", valorPropriedade = materialSubleito.  
coeficientePoisson))  
682 materialSubleito = materiaisBase()[2]  
683 materialSubleito.espesuraCamada = 10  
684 #  
685 materialRevestimento.moduloElasticidade = intervalos.  
intervaloElasticidadeRevestimento[0]  
686 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300,  
comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,  
materialRevestimento=materialRevestimento, materialBase=  
materialBase, materialSubleito=materialSubleito,  
tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "  
PCElasRev", valorPropriedade = materialRevestimento.  
moduloElasticidade))  
687 materialRevestimento = materiaisBase()[0]  
688 #  
689 materialBase.moduloElasticidade = intervalos.  
intervaloElasticidadeBase[0]  
690 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300,  
comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,  
materialRevestimento=materialRevestimento, materialBase=  
materialBase, materialSubleito=materialSubleito,
```

```

        tamanhoDaMesh=tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "
        PCElasBas", valorPropriedade = materialBase.
        moduloElasticidade))
691 materialBase = materiaisBase()[1]
692 #
693 materialSubleito.moduloElasticidade = intervalos.
        intervaloElasticidadeSubleito[0]
694 materialSubleito.espesuraCamada = 10
695 listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecionado=boeing777300,
        comprimentoSimulado=comprimentoSimulado,
        materialRevestimento=materialRevestimento, materialBase=
        materialBase, materialSubleito=materialSubleito,
        tamanhoDaMesh= tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "
        PCElasSub", valorPropriedade = materialSubleito.
        moduloElasticidade))
696 materialSubleito = materiaisBase()[2]
697 materialSubleito.espesuraCamada = 10
698 processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson = '
        dadosPavimentoCritico.json')
699
700
701 def iniciarCodigoCalibracaoComprimento(rodarJobs):
702     boeing777300 = avioesBase()[2]
703     materialRevestimento, materialBase, materialSubleito =
        pavimentoCritico()[0], pavimentoCritico()[1],
        pavimentoCritico()[2]
704     tamanhoDaMesh = TamanhoMesh(camadaRevestimento = 0.05,
        camadaBase = 0.10, camadaSubleito = 0.25)
705     materialSubleito.espesuraCamada = 3.15
706     listaJobs = []
707     nomesJob = []
708     listaComprimentos = rangePropriedade(indiceInicial=3,
        numeroRepeticoes=25, fatorDeCrescimento=1.05)
709     for comprimentoPavimento in listaComprimentos:

```

```
710     aviaoSelecioneado = boeing777300
711     comprimentoSimulado=comprimentoPavimento
712     listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecioneado=
        aviaoSelecioneado, comprimentoSimulado=
        comprimentoSimulado, materialRevestimento=
        materialRevestimento, materialBase=materialBase,
        materialSubleito=materialSubleito, tamanhoDaMesh=
        tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "Compav",
        valorPropriedade = comprimentoSimulado))
713     processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson = '
        dadosModelosSaidaCalibracaoComprimento.json')
714
715 def iniciarCodigoCalibracaoSubleito(rodarJobs,
    comprimentoPavimentoSimulado):
716     boeing777300 = avioesBase()[2]
717     materialRevestimento, materialBase, materialSubleito =
        pavimentoCritico()[0], pavimentoCritico()[1],
        pavimentoCritico()[2]
718     tamanhoDaMesh = TamanhoMesh(camadaRevestimento = 0.05,
        camadaBase = 0.10, camadaSubleito = 0.25)
719     listaJobs = []
720     nomesJob = []
721     comprimentoSimulado = comprimentoPavimentoSimulado
722     listaAlturas = rangePropriedade(indiceInicial=3,
        numeroRepeticoes=25, fatorDeCrescimento=1.05)
723     for alturaSubleito in listaAlturas:
724         aviaoSelecioneado = boeing777300
725         materialSubleito.espesuraCamada = alturaSubleito
726         listaJobs.append(criarModelo(aviaoSelecioneado=
            aviaoSelecioneado, comprimentoSimulado=
            comprimentoSimulado, materialRevestimento=
            materialRevestimento, materialBase=materialBase,
            materialSubleito=materialSubleito, tamanhoDaMesh=
            tamanhoDaMesh, nomePropriedade = "EspSub",
```

```
        valorPropriedade = alturaSubleito))
727     processarModelos(listaJobs, rodarJobs, nomeJson = '
        dadosModelosSaidaCalibracaoSubleito.json')
728
729
730 def pavimentoCritico():
731     listaMateriais = []
732     materialRevestimento = Material(nomeCamada='Revestimento',
        nomeMaterial='Camada asfaltica', espessuraCamada=0.1,
        moduloElasticidade=1500E6, coeficientePoisson=0.30)
733     materialBase = Material(nomeCamada='Base', nomeMaterial='
        BGS', espessuraCamada=0.075, moduloElasticidade=250E6,
        coeficientePoisson=0.35)
734     materialSubleito = Material(nomeCamada='Subleito',
        nomeMaterial='Material do Subleito', espessuraCamada=10,
        moduloElasticidade=200E6, coeficientePoisson=0.35) #
        Critico modulo de elasticidade 50MPa para subleito
735     listaMateriais.append(materialRevestimento)
736     listaMateriais.append(materialBase)
737     listaMateriais.append(materialSubleito)
738     return listaMateriais
739
740
741 intervalos = intervalosAnalise()
742 #Executa a funcao que inicializa o codigo
743 iniciarCodigoPavimentocritico(rodarJobs = False, intervalos =
        intervalos, comprimentoPavimentoSimulado = 10)
744 iniciarCodigoCalibracaoSubleito(rodarJobs = False,
        comprimentoPavimentoSimulado = 5)
745 iniciarCodigoCalibracaoComprimento(rodarJobs = False)
746 iniciarCodigoCalibracaoMesh(rodarJobs = False,
        comprimentoPavimentoSimulado = 3.15, espessuraSubleito=3.15)
747 inicializarCodigoModelosPrincipais(rodarJobs = False,
        intervalos = intervalos, comprimentoPavimentoSimulado =
```

```
3.15)
748
749 # Remove o modelo com nome 'Model-1' do dicionario mdb.models
750 del mdb.models['Model-1']
751
752 #espessura revestimento
753 print("espessuras revestimentos " + str(intervalos.
       intervaloEspessuraRevestimento) + "\n")
754 #espessura base
755 print("espessura bases " + str(intervalos.intervaloEspessuraBase
       ) + "\n")
756 #poisson revestimento
757 print("poisson revestimento " + str(intervalos.
       intervaloPoissonRevestimento) + "\n")
758 #poisson base
759 print("poisson base " + str(intervalos.intervaloPoissonBase) +
       "\n")
760 #poisson subleito
761 print("poisson subleito " + str(intervalos.
       intervaloPoissonSubleito) + "\n")
762 #elasticidade revestimento
763 print("elasticidade revestimento " + str(intervalos.
       intervaloElasticidadeRevestimento) + "\n")
764 #elasticidade base
765 print("elasticidade base " + str(intervalos.
       intervaloElasticidadeBase) + "\n")
766 #elasticidade subleito
767 print("elasticidade subleito " + str(intervalos.
       intervaloElasticidadeSubleito) + "\n")
768 #Carga
769 print("Carga " + str(intervalos.intervaloCarga) + "\n")
```


APÊNDICE B – CÓDIGO-FONTE PARA PROCESSAMENTO DE MODELO

```
1 import os
2 import subprocess
3 import json
4 from multiprocessing import Pool
5 import time
6 from multiprocessing import freeze_support
7
8 # Definicão da classe para representar os objetos de saída para
   checagem de modelos depois
9 class saidaModelos:
10     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade,
11                 valorPropriedade, modeloAviao, nosInteresse):
12         self.nomeJob = nomeJob
13         self.nomeStep = nomeStep
14         self.nomePropriedade = nomePropriedade
15         self.valorPropriedade = valorPropriedade
16         self.modeloAviao = modeloAviao
17         self.nosInteresse = nosInteresse
18
19 # Função para reimportar os dados de modelos a partir de um
   arquivo JSON
20 def reimportarDadosDeModelos(nome_arquivo):
21     # Abre o arquivo JSON no modo de leitura
22     with open(nome_arquivo, 'r') as arquivo_json:
23         # Carrega os dados do arquivo JSON
24         dados_json = json.load(arquivo_json)
25
26     # Cria uma nova lista para armazenar os objetos
   reimportados
27     lista_jobs = []
28     # Percorre os dados e cria os objetos correspondentes
29     for dado in dados_json:
30         # Cria um objeto com os valores do dado
```

```
29     modelo_saida = saidaModelos(nomeJob=str(dado['nomeJob']
30         ), nomeStep=str(dado['nomeStep']), nomePropriedade=
31         str(dado['nomePropriedade']), valorPropriedade=str(
32         dado['valorPropriedade']), modeloAviao=str(dado['
33         modeloAviao']), nosInteresse=dado['nosInteresse'])
34     # Adiciona o objeto a lista
35     lista_jobs.append(modelo_saida)
36     return lista_jobs
37
38 # Funcao para executar um modelo usando a GPU
39 def executar_modelo(job):
40     # Definir o nome da plataforma da GPU
41     nome_plataforma_gpu = "NVIDIA CUDA" # Substitua pela
42     plataforma da sua GPU
43     # Definir o comando para executar o job com a GPU
44     comando = "abaqus job=" + job + " input=" + job + ".inp
45         ask_delete=OFF cpus=3 output_precision=FULL"
46     # Executar o comando
47     subprocess.run(comando, shell=True)
48
49 # Funcao para iniciar a execucao de modelos
50 def iniciarModelos(arquivo, num_max_execucoes=4):
51     # Define o diretorio onde os resultados serao salvos
52     os.chdir("C:/Users/gusta/resultados_abaqus/")
53     nome_arquivo = arquivo
54     lista_objetos_job = reimportarDadosDeModelos(nome_arquivo)
55     lista_jobs = []
56     # Lista de nomes de jobs a serem executados
57     for job in lista_objetos_job:
58         lista_jobs.append(job.nomeJob)
59     # Numero maximo de modelos em execucao simultaneamente
60     # Criacao do pool de processos
61     pool = Pool(processes=num_max_execucoes)
62     # Mapeamento da funcao de execucao para os jobs
```

```
57     pool.map(executar_modelo, lista_jobs)
58     # Fechamento do pool
59     pool.close()
60     pool.join()
61
62 if __name__ == '__main__':
63     tempo_inicial = time.time()
64     freeze_support()
65     iniciarModelos("dadosPavimentoCritico.json",
66                   num_max_execucoes=10)
67     iniciarModelos("dadosModelosSaidaCalibracaoSubleito.json",
68                   10)
69     iniciarModelos("dadosModelosSaidaCalibracaoComprimento.json",
70                   ")
71     iniciarModelos("dadosModelosSaidaCalibracaoMesh.json",
72                   num_max_execucoes=10)
73     iniciarModelos("dadosModelosSaidaPrincipais.json",
74                   num_max_execucoes=10)
75     tempo_final = time.time()
76     print("Tempo de execucao: ", tempo_final - tempo_inicial)
```

Código-fonte 2 – Processamento de Modelos

APÊNDICE C – CÓDIGO-FONTE GERADOR DE PAVIMENTO CRITICO

```
1 # Classe DadosDeslocamento para armazenar informacoes de
   deslocamento
2 class DadosDeslocamento:
3     # Construtor para inicializar os atributos da classe
4     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade,
   valorPropriedade, modeloAviao, noInteresse, u1, u2, u3):
5         self.nomeJob = nomeJob
6         self.nomeStep = nomeStep
7         self.nomePropriedade = nomePropriedade
8         self.valorPropriedade = valorPropriedade
9         self.modeloAviao = modeloAviao
10        self.no = noInteresse
11        self.u1 = u1
12        self.u2 = u2
13        self.u3 = u3
14
15 # Funcao para importar os dados do arquivo JSON e criar a lista
   de objetos DadosDeslocamento
16 def importar_dados_deslocamento(nome_arquivo: str) -> list[
   DadosDeslocamento]:
17     lista_objetos = []
18     with open(nome_arquivo, 'r') as arquivo_json:
19         dados_json = json.load(arquivo_json)
20         for dado in dados_json:
21             objeto = DadosDeslocamento(
22                 dado['nomeJob'],
23                 dado['nomeStep'],
24                 dado['nomePropriedade'],
25                 dado['valorPropriedade'],
26                 dado['modeloAviao'],
27                 dado['no'],
28                 dado['u1'],
29                 dado['u2'],
```

```

30         dado['u3']
31     )
32     lista_objetos.append(objeto)
33     return lista_objetos
34
35 # Funcao para identificar o pavimento critico com base nos
    dados de deslocamento
36 def pavimentoCritico(nome_arquivo):
37     # Carrega os dados do arquivo JSON
38     os.chdir("C:/Users/gusta/")
39     with open(nome_arquivo, 'r') as arquivo_json:
40         dados_deslocamento = json.load(arquivo_json)
41
42     # Importar os dados do arquivo e criar a lista de objetos
        DadosDeslocamento
43     lista_deslocamentos_calculados =
        importar_dados_deslocamento(nome_arquivo)
44
45     # Filtrar os dados para o no de interesse (no == 47) e
        encontrar o valor maximo de u3
46     dados_filtrados = filter(lambda x: x.no == 47,
        lista_deslocamentos_calculados)
47     return max(dados_filtrados, key=lambda x: x.u3)
48
49 # Chamada da funcao para identificar o pavimento critico e
        imprimir os resultados
50 pavimentoCriticoAdotado = pavimentoCritico('
        DeslocamentodadosPavimentoCritico.json')
51 print(pavimentoCriticoAdotado)

```

Código-fonte 3 – Gerador de Modelo Aeroportuário Crítico

APÊNDICE D – CÓDIGOS-FONTE DE COLETA DE DADOS DOS MODELOS

```
1 from abaqus import *
2 from abaqusConstants import *
3 import numpy as np
4 import json
5 import os
6
7 # Definicao da classe para armazenar os dados de deslocamento
8 class DadosDeslocamento:
9     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade,
10                 valorPropriedade, modeloAviao, noInteresse, u1, u2, u3):
11         self.nomeJob = nomeJob
12         self.nomeStep = nomeStep
13         self.nomePropriedade = nomePropriedade
14         self.valorPropriedade = valorPropriedade
15         self.modeloAviao = modeloAviao
16         self.no = noInteresse
17         self.u1 = u1
18         self.u2 = u2
19         self.u3 = u3
20
21 #
22 class DadosDeformacao:
23     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade,
24                 valorPropriedade, modeloAviao, noInteresse, e1, e2, e3):
25         self.nomeJob = nomeJob
26         self.nomeStep = nomeStep
27         self.nomePropriedade = nomePropriedade
28         self.valorPropriedade = valorPropriedade
29         self.modeloAviao = modeloAviao
30         self.no = noInteresse
31         self.e1 = e1
32         self.e2 = e2
33         self.e3 = e3
```

```
32
33 class saidaModelos:
34     def __init__(self, nomeJob, nomeStep, nomePropriedade,
35                 valorPropriedade, modeloAviao, nosInteresse):
36         self.nomeJob = nomeJob
37         self.nomeStep = nomeStep
38         self.nomePropriedade = nomePropriedade
39         self.valorPropriedade = valorPropriedade
40         self.modeloAviao = modeloAviao
41         self.nosInteresse = nosInteresse
42
43 # Funcao para obter os dados de deslocamento
44 def obter_dados_deslocamento(nomeJob, nomeStep, nome_campo,
45                               modeloAviao, nomePropriedade, nosInteresse, valorPropriedade
46                               ):
47     # Caminho para o arquivo .odb
48     caminho_modelo = nomeJob + '.odb'
49     # Carregando o arquivo .odb
50     odb = session.openOdb(caminho_modelo)
51     # Obtendo o passo desejado
52     passo = odb.steps[nomeStep]
53     # Obtendo o campo de saida desejado
54     campo_saida = passo.frames[-1].fieldOutputs[nome_campo]
55     # Lista de objetos para armazenar os dados dos
56     # deslocamentos
57     dados_deslocamentos = []
58     # Iterando sobre os nos de interesse
59     for noInteresse in nosInteresse:
60         # Obtendo o valor do campo de saida para o no
61         # especifico
62         try:
63             valor_campo = campo_saida.values[noInteresse].
64                 dataDouble
65         except:
```

```
60         valor_campo = campo_saida.values[noInteresse - 1].
           data
61     # Criando objeto de dados de deslocamento
62     dados = DadosDeslocamento(nomeJob=nomeJob, nomeStep=
           nomeStep, nomePropriedade=nomePropriedade,
           valorPropriedade=valorPropriedade, modeloAviao=
           modeloAviao, noInteresse=noInteresse, u1=valor_campo
           [0], u2=valor_campo[1], u3=valor_campo[2])
63     # Adicionando o objeto a lista
64     dados_deslocamentos.append(dados)
65     # Fechando o arquivo .odb
66     odb.close()
67     return dados_deslocamentos
68
69 # Funcao para obter os dados de Deformacao
70 def obter_dados_Deformacao(nomeJob, nomeStep, nome_campo,
           modeloAviao, nomePropriedade, nosInteresse, valorPropriedade
           ):
71     # Caminho para o arquivo .odb
72     caminho_modelo = nomeJob + '.odb'
73     # Carregando o arquivo .odb
74     odb = session.openOdb(caminho_modelo)
75     # Obtendo o passo desejado
76     passo = odb.steps[nomeStep]
77     # Obtendo o campo de saida desejado
78     campo_saida = passo.frames[-1].fieldOutputs[nome_campo]
79     # Lista de objetos para armazenar os dados dos Deformacoes
80     dados_Deformacao = []
81     # Iterando sobre os nos de interesse
82     for noInteresse in nosInteresse:
83         # Obtendo o valor do campo de saida para o no
           especifico
84         try:
```



```

85         valor_campo = campo_saida.values[noInteresse].
           dataDouble
86     except:
87         valor_campo = campo_saida.values[noInteresse - 1].
           data
88     # Criando objeto de dados de Deformacao
89     #print(valor_campo)
90     dados = DadosDeformacao(nomeJob=nomeJob, nomeStep=
           nomeStep, nomePropriedade=nomePropriedade,
           valorPropriedade=valorPropriedade, modeloAviao=
           modeloAviao, noInteresse=noInteresse, e1=valor_campo
           [0], e2=valor_campo[1], e3=valor_campo[2])
91     # Adicionando o objeto a lista
92     dados_Deformacao.append(dados)
93     # Fechando o arquivo .odb
94     odb.close()
95     return dados_Deformacao
96
97 # Funcao para reimportar os dados de modelos a partir de um
   arquivo JSON
98 def reimportarDadosDeModelos(nome_arquivo):
99     # Abre o arquivo JSON no modo de leitura
100     with open(nome_arquivo, 'r') as arquivo_json:
101         # Carrega os dados do arquivo JSON
102         dados_json = json.load(arquivo_json)
103     # Cria uma nova lista para armazenar os objetos
           reimportados
104     lista_jobs = []
105     # Percorre os dados e cria os objetos correspondentes
106     for dado in dados_json:
107         # Cria um objeto com os valores do dado
108         modelo_saida = saidaModelos(nomeJob=str(dado['nomeJob']
           )), nomeStep=str(dado['nomeStep']), nomePropriedade=
           str(dado['nomePropriedade']), valorPropriedade=str(

```

```
        dado['valorPropriedade']), modeloAviao=str(dado['
        modeloAviao']), nosInteresse=dado['nosInteresse'])
109     # Adiciona o objeto a lista
110     lista_jobs.append(modelo_saida)
111     return lista_jobs
112
113 # Funcao para gravar os dados de modelos em um arquivo JSON
114 def gravarDadosModeloDeslocamento(nome_arquivo):
115     os.chdir("C:/Users/gusta/resultados_abaqus/")
116     # Reimporta os dados de modelos a partir do arquivo JSON
117     lista_jobs = reimportarDadosDeModelos(nome_arquivo)
118     nome_arquivo_saida = 'Deslocamento' + nome_arquivo
119     nomesJob = []
120     dados_deslocamento = []
121     for job in lista_jobs:
122         # Verifica se o nome do job ja foi adicionado a lista
123         # de nomes
124         if any(job.nomeJob == nomeJobExistente for
125               nomeJobExistente in nomesJob):
126             pass
127         else:
128             nomesJob.append(job.nomeJob)
129             # Obtem os dados de deslocamento para o job atual
130             dados = obter_dados_deslocamento(
131                 nomeJob=job.nomeJob,
132                 nomeStep=job.nomeStep,
133                 nome_campo='U',
134                 modeloAviao=job.modeloAviao,
135                 nomePropriedade=job.nomePropriedade,
136                 nosInteresse=job.nosInteresse,
137                 valorPropriedade=job.valorPropriedade
138             )
139             for modeloPonto in dados:
140                 dados_job = {
```

```
139         'nomeJob': modeloPonto.nomeJob,
140         'nomeStep': modeloPonto.nomeStep,
141         'nomePropriedade': modeloPonto.
            nomePropriedade,
142         'valorPropriedade': modeloPonto.
            valorPropriedade,
143         'modeloAviao': modeloPonto.modeloAviao,
144         'no': int(modeloPonto.no),
145         'u1': np.float64(modeloPonto.u1),
146         'u2': np.float64(modeloPonto.u2),
147         'u3': np.float64(modeloPonto.u3)
148     }
149     dados_deslocamento.append(dados_job)
150 # Salva os dados em um arquivo JSON
151 with open(nome_arquivo_saida, 'w') as arquivo_saida:
152     json.dump(dados_deslocamento, arquivo_saida, indent=4)
153 print(nomesJob)
154 return dados_deslocamento
155
156 # Funcao para gravar os dados de modelos em um arquivo JSON
157 def gravarDadosModeloDeformacao(nome_arquivo):
158     os.chdir("C:/Users/gusta/resultados_abaqus/")
159     # Reimporta os dados de modelos a partir do arquivo JSON
160     lista_jobs = reimportarDadosDeModelos(nome_arquivo)
161     nome_arquivo_saida = 'Deformacao' + nome_arquivo
162     nomesJob = []
163     dados_Deformacao = []
164     for job in lista_jobs:
165         print(job.nomeJob)
166         # Verifica se o nome do job ja foi adicionado a lista
            de nomes
167         if any(job.nomeJob == nomeJobExistente for
            nomeJobExistente in nomesJob):
168             pass
```

```
169     else:
170         nomesJob.append(job.nomeJob)
171         # Obtem os dados de Deformacao para o job atual
172         dados = obter_dados_Deformacao(
173             nomeJob=job.nomeJob,
174             nomeStep=job.nomeStep,
175             nome_campo='E',
176             modeloAviao=job.modeloAviao,
177             nomePropriedade=job.nomePropriedade,
178             nosInteresse=job.nosInteresse,
179             valorPropriedade=job.valorPropriedade
180         )
181         for modeloPonto in dados:
182             dados_job = {
183                 'nomeJob': modeloPonto.nomeJob,
184                 'nomeStep': modeloPonto.nomeStep,
185                 'nomePropriedade': modeloPonto.
186                     nomePropriedade,
187                 'valorPropriedade': modeloPonto.
188                     valorPropriedade,
189                 'modeloAviao': modeloPonto.modeloAviao,
190                 'no': int(modeloPonto.no),
191                 'e1': np.float64(modeloPonto.e1),
192                 'e2': np.float64(modeloPonto.e2),
193                 'e3': np.float64(modeloPonto.e3)
194             }
195             dados_Deformacao.append(dados_job)
196         # Salva os dados em um arquivo JSON
197         with open(nome_arquivo_saida, 'w') as arquivo_saida:
198             json.dump(dados_Deformacao, arquivo_saida, indent=4)
199         print(nomesJob)
200         return dados_Deformacao
201 # # # Chamadas das funcoes
```

```
201 gravarDadosModeloDeslocamento('dadosPavimentoCritico.json')
202 gravarDadosModeloDeslocamento('
      dadosModeloSaidaCalibracaoSubleito.json')
203 gravarDadosModeloDeslocamento('
      dadosModeloSaidaCalibracaoComprimento.json')
204 gravarDadosModeloDeslocamento('dadosModeloSaidaCalibracaoMesh.
      json')
205 gravarDadosModeloDeslocamento('dadosModeloSaidaPrincipais.json
      ')
206
207
208 # # # # Chamadas das funcoes
209 gravarDadosModeloDeformacao('dadosPavimentoCritico.json')
210 gravarDadosModeloDeformacao('
      dadosModeloSaidaCalibracaoSubleito.json')
211 gravarDadosModeloDeformacao('
      dadosModeloSaidaCalibracaoComprimento.json')
212 gravarDadosModeloDeformacao('dadosModeloSaidaCalibracaoMesh.
      json')
213 gravarDadosModeloDeformacao('dadosModeloSaidaPrincipais.json')
```

Código-fonte 4 – Coleta de Dados de Modelos Processados

APÊNDICE E – CÓDIGO-FONTE PARA PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO

```
1 # Importando bibliotecas necessarias
2 import json
3 import pandas as pd
4 import os
5 from itertools import combinations
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import numpy as np
8 from scipy import stats
9 import seaborn as sns
10 import math
11
12 # Funcao para importar os dados do arquivo JSON e criar um
13     DataFrame
14 def importarJson(nome_arquivo):
15     # Alterando o diretorio de trabalho para a pasta de
16     resultados
17     os.chdir("C:/Users/gusta/resultados_abaqus/")
18     with open(nome_arquivo, 'r') as arquivo_json:
19         dados = json.load(arquivo_json)
20     # Importando os dados do arquivo e criando um DataFrame
21     dataframe_calculado = pd.DataFrame(dados)
22     return dataframe_calculado
23
24 # Funcao para calcular a variacao percentual em um grupo de
25     dados
26 def calcular_variacao_percentual(group, nome_csv,
27     variavel_avalizada):
28     if pd.api.types.is_numeric_dtype(group[variavel_avalizada]):
29         group[nome_csv] = ((group[variavel_avalizada] - group[
30             variavel_avalizada].shift(1)) / group[
31             variavel_avalizada].shift(1)) * 100
32     return group
```

```
28 # Nome do arquivo JSON
29 nome_arquivo = 'dadosModelosSaidaPrincipais.json'
30
31 def analise_quantitativa(vetor, nome_Propriedade, nome_aeronave
   ):
32     # Cria um dicionário com os resultados
33     resultados = {
34         'Media': np.mean(vetor),
35         'Desvio Padrao': np.std(vetor),
36         'Minimo': np.min(vetor),
37         'Maximo': np.max(vetor),
38         'quartil_25%': np.percentile(vetor, 25),
39         'Mediana': np.median(vetor),
40         'quartil_75%': np.percentile(vetor, 75),
41         'nome_Propriedade': nome_Propriedade,
42         'nome_aeronave': nome_aeronave
43     }
44     # Cria um DataFrame a partir do dicionário
45     df_resultados = pd.DataFrame(resultados, index=[0])
46     return df_resultados
47
48 # Funcao para criar um DataFrame de variacao percentual
49 def dataframeVariacaoPercentual(dataframe_calculado, nome_csv,
   variavel_avalizada):
50     # Agrupa os dados pelo modelo do aviao, nome de Propriedade
   e numero do no
51     grupos = dataframe_calculado.groupby(['modeloAviao', 'no'])
52
53     dataframesDiscretizadosModeloNomeNo = []
54     # Itera sobre cada grupo de dados
55     for grupo, dados_grupo in grupos:
56         dataframe_separado = dados_grupo.copy() # Crie uma
   copia do DataFrame do grupo
```

```

57     # Adicione o DataFrame separado a lista de DataFrames
        separados
58     dataframesDiscretizadosModeloNomeNo.append(
        dataframe_separado)
59
60     # Calcula a variacao percentual para cada DataFrame na
        forma de lista
61     for deformacao in range(len(
        dataframesDiscretizadosModeloNomeNo)):
62         dataframesDiscretizadosModeloNomeNo[deformacao] =
            calcular_variacao_percentual(
                dataframesDiscretizadosModeloNomeNo[deformacao],
                nome_csv=nome_csv, variavel_avaliada=
                variavel_avaliada)
63     # Concatena os DataFrames individuais de variacao
        percentual e remove valores NaN
64     dfConcatenadoComVariacaoPercentual = pd.concat(
        dataframesDiscretizadosModeloNomeNo, ignore_index=True).
        dropna(subset=[nome_csv])
65     # Seleciona as colunas relevantes do DataFrame final
66     dfConcatenadoComVariacaoPercentual =
        dfConcatenadoComVariacaoPercentual[['modeloAviao', '
        nomePropriedade', 'valorPropriedade', nome_csv]]
67
68     return dfConcatenadoComVariacaoPercentual
69
70 # Funcao para calcular estatisticas de bootstrap
71 def bootstrap_test_group(data1, data2, statistic,
    tamanho_subamostragem=0.75, n_itterations = 100000, alpha
    =0.05, paired=False):
72     # Realiza o bootstrap e calcula a estatistica de interesse
        para dois grupos
73     # inversao_valores_medias = False
74     diferencaMedias = []

```



```

75     medias1 = []
76     medias2 = []
77     n1, n2 = len(data1), len(data2)
78     for _ in range(n_iteracoes):
79         amostra1 = np.random.choice(data1, math.ceil(
80             tamanho_subamostragem * n1), replace=True)
81         amostra2 = np.random.choice(data2, math.ceil(
82             tamanho_subamostragem * n2), replace=True)
83         statistic1 = statistic(amostra1) # Estatística de
84             interesse para o grupo 1
85         statistic2 = statistic(amostra2) # Estatística de
86             interesse para o grupo 2
87         medias1.append(statistic1)
88         medias2.append(statistic2)
89         diferencaMedias.append(statistic1 - statistic2) #
90             Diferença das estatísticas
91     resultado = stats.ttest_ind(medias1, medias2, equal_var=
92         False, alternative="greater")
93     intervalos_confianca = resultado.confidence_interval(
94         confidence_level=1-alpha)
95     estatistica_t, valor_p = resultado
96     lower_bound = intervalos_confianca[0]
97     upper_bound = intervalos_confianca[-1]
98     rejeitar = estatistica_t < lower_bound
99     return np.mean(medias1), np.mean(medias2), estatistica_t,
100         lower_bound, upper_bound, valor_p, rejeitar#,
101         inversao_valores_medias
102
103 # Função para filtrar outliers em um DataFrame
104 def filtrar_outliers(dataframe):
105     # Calcula o IQR da coluna "variacao_percentual_e3"
106     Q1 = dataframe["variacao_percentual_e3"].quantile(0.25)
107     Q3 = dataframe["variacao_percentual_e3"].quantile(0.75)
108     IQR = Q3 - Q1

```

```

100
101 # Define os limites para identificar outliers
102 limite_inferior = Q1 - 1.5 * IQR
103 limite_superior = Q3 + 1.5 * IQR
104
105 # Filtra os outliers
106 outliers = dataframe[(dataframe["variacao_percentual_e3"] <
107                         limite_inferior) |
108                         (dataframe["variacao_percentual_e3"] >
109                         limite_superior)]
110
111 # Filtra os valores sem outliers
112 sem_outliers = dataframe[(dataframe["variacao_percentual_e3
113                             "] >= limite_inferior) &
114                             (dataframe["variacao_percentual_e3"
115                             ] <= limite_superior)]
116
117 return sem_outliers, outliers
118
119 # Funcao para iniciar o processamento estatistico dos dados
120 def iniciarProcessamentoEstatistico(nome_arquivo,
121                                     variavel_avaliada, alpha, quantidadeSimulacoes):
122     # Carrega os dados do arquivo JSON
123     nome_csv = 'variacao_percentual_' + variavel_avaliada
124     dataframe_calculado = importarJson(nome_arquivo)
125     filtro = ((dataframe_calculado['modeloAviao'] == 'B737800')
126               & (dataframe_calculado['no'] == 55)) | ((
127                 dataframe_calculado['modeloAviao'] == 'B767300') & (
128                 dataframe_calculado['no'] == 0)) | ((dataframe_calculado
129                 ['modeloAviao'] == 'B777300') & (dataframe_calculado['no'
130                 ] == 47))
131     dataframe_filtrado = dataframe_calculado[filtro]
132     dfConcatenadoComVariacaoPercentual =
133         dataframeVariacaoPercentual(dataframe_filtrado, nome_csv

```

```
    , variavel_avalizada = variavel_avalizada)
123 dfConcatenadoComVariacaoPercentual_sem_outliers ,
    dfConcatenadoComVariacaoPercentual_outliers =
    filtrar_outliers(dfConcatenadoComVariacaoPercentual)
124 dfConcatenadoComVariacaoPercentual.to_csv(nome_csv + '.csv'
    , index=False, sep=';', decimal=',')
125 dfConcatenadoComVariacaoPercentual_sem_outliers.to_csv(
    nome_csv + '_sem_outliers.csv', index=False, sep=';',
    decimal=',')
126 dfConcatenadoComVariacaoPercentual_outliers.to_csv(nome_csv
    + '_outliers.csv', index=False, sep=';', decimal=',')
127 # Lista de modelos de aviao
128 modelos_aviao = dfConcatenadoComVariacaoPercentual['
    modeloAviao'].unique().tolist()
129 nomesPropriedades = dfConcatenadoComVariacaoPercentual['
    nomePropriedade'].unique().tolist()
130
131 # Inicializa uma lista para armazenar os resultados
132 resultadosBootstrapEntrePropriedades = []
133 resultadosBootstrapEntreAvioes = []
134
135 # Calcula as estatisticas para cada modelo de aviao
136 for aviao in modelos_aviao:
137     # Filtra o DataFrame para o modelo de aviao atual
138     df_modelo = dfConcatenadoComVariacaoPercentual[
        dfConcatenadoComVariacaoPercentual['modeloAviao'] ==
        aviao]
139     inverter_valores_medias = False
140     # Lista de grupos
141
142     # Calcula as estatisticas para cada par de grupos
143     for grupo1, grupo2 in combinations(nomesPropriedades,
        2):
```

```
144     #media1, media2, media_diff, lower_bound,
        upper_bound, p_value, rejeitar,
        inverter_valores_medias = bootstrap_test_group(
145 media1, media2, media_diff, lower_bound,
        upper_bound, p_value, rejeitar =
        bootstrap_test_group(
146     df_modelo[df_modelo['nomePropriedade'] ==
        grupo1][nome_csv],
147     df_modelo[df_modelo['nomePropriedade'] ==
        grupo2][nome_csv],
148     statistic=np.mean, # Estatistica e a media
149     alpha=alpha, # Alpha para o intervalo de
        confianca de 95%
150     n_iterations= quantidadeSimulacoes
151 )
152 resultadosBootstrapEntrePropriedades.append([grupo1
        , grupo2, media1, media2, media_diff,
        lower_bound, upper_bound, p_value, rejeitar,
        aviao])
153 media1, media2, media_diff, lower_bound,
        upper_bound, p_value, rejeitar =
        bootstrap_test_group(
154     df_modelo[df_modelo['nomePropriedade'] ==
        grupo2][nome_csv],
155     df_modelo[df_modelo['nomePropriedade'] ==
        grupo1][nome_csv],
156     statistic=np.mean, # Estatistica e a media
157     alpha=alpha, # Alpha para o intervalo de
        confianca de 95%
158     n_iterations= quantidadeSimulacoes
159 )
160 resultadosBootstrapEntrePropriedades.append([grupo2
        , grupo1, media1, media2, media_diff,
        lower_bound, upper_bound, p_value, rejeitar,
```

```
        aviao])
161
162     for propriedade in nomesPropriedades:
163         df_modelo = dfConcatenadoComVariacaoPercentual[
            dfConcatenadoComVariacaoPercentual['nomePropriedade'
            ] == propriedade]
164         # Lista de grupos
165         # Calcula as estatísticas para cada par de grupos
166         for grupo1, grupo2 in combinations(modelos_aviao, 2):
167             media1, media2, media_diff, lower_bound,
                upper_bound, p_value, rejeitar =
                bootstrap_test_group(
168                 df_modelo[df_modelo['modeloAviao'] == grupo1][
                    nome_csv],
169                 df_modelo[df_modelo['modeloAviao'] == grupo2][
                    nome_csv],
170                 statistic=np.mean, # Estatística e a média
171                 alpha=alpha, # Alpha para o intervalo de
                    confiança de 95%
172                 n_iterations=quantidadeSimulacoes
173             )
174         # Adiciona os resultados a lista
175         resultadosBootstrapEntreAvioes.append([grupo1,
            grupo2, media1, media2, media_diff, lower_bound,
            upper_bound, p_value, rejeitar, propriedade])
176         media1, media2, media_diff, lower_bound,
            upper_bound, p_value, rejeitar =
            bootstrap_test_group(
177                 df_modelo[df_modelo['modeloAviao'] == grupo2][
                    nome_csv],
178                 df_modelo[df_modelo['modeloAviao'] == grupo1][
                    nome_csv],
179                 statistic=np.mean, # Estatística e a média
```

```
180         alpha=alpha, # Alpha para o intervalo de
                confianca de 95%
181         n_iterations=quantidadeSimulacoes
182     )
183     resultadosBootstrapEntreAvioes.append([grupo2,
                grupo1, media1, media2, media_diff, lower_bound,
                upper_bound, p_value, rejeitar, propriedade])
184
185 # Cria um DataFrame com os resultados
186 df_resultadosBootstrapEntrePropriedades = pd.DataFrame(
    resultadosBootstrapEntrePropriedades, columns=['grupo 1'
    , 'grupo 2', 'media grupo_1', 'media grupo_2', '
    estatistica_t', 'media_inferior', 'media_superior', '
    valor-p', 'rejeitar', 'modeloAviao'])
187 df_resultadosBootstrapEntreAvioes = pd.DataFrame(
    resultadosBootstrapEntreAvioes, columns=['grupo 1', '
    grupo 2', 'media grupo_1', 'media grupo_2', '
    estatistica_t', 'media_inferior', 'media_superior', '
    valor-p', 'rejeitar', 'propriedade'])
188 df_resultadosBootstrapEntreAvioes.to_csv('
    resultadosBootstrapEntreAvioes.csv', index=False, sep=';
    ', decimal='.')
189 resultados_estatistica_bootstrap = []
190 for aviao in df_resultadosBootstrapEntrePropriedades['
    modeloAviao'].unique().tolist():
191     df_filtrado = df_resultadosBootstrapEntrePropriedades.
        loc[df_resultadosBootstrapEntrePropriedades['
            modeloAviao'] == aviao]
192     # Ordenando os resultados por meandiffs em ordem
        decrescente
193     df_filtrado['estatistica_t_absoluta'] = df_filtrado['
        estatistica_t'].abs()
194     df_filtrado = df_filtrado.sort_values(by='
        estatistica_t_absoluta', ascending=False)
```

```
195 df_filtrado = df_filtrado.drop(columns=['
    estatistica_t_absoluta'])
196 df_filtrado.to_csv('resultadosBootstrap_' + aviao + '.
    csv', index=False, sep=';', decimal='.')
197 # Concatenar grupos 1 e 2 com hífen
198 df_filtrado['grupos_concatenados'] = df_filtrado['grupo
    1'] + '-' + df_filtrado['grupo 2']
199 # Criar o gráfico de barras
200 bars = plt.bar(df_filtrado['grupos_concatenados'],
    df_filtrado['estatistica_t'], color='skyblue',
    edgecolor='black')
201 plt.xlabel('Grupos')
202 plt.ylabel('Estatística T')
203 plt.title('Valores de Estatística T por Grupos
    Concatenados')
204 plt.xticks(rotation=45)
205 plt.grid(True)
206 # Salvar a figura
207 plt.xticks(rotation=45, ha='right', fontsize=10)
208 plt.yticks(fontsize=10)
209 plt.tight_layout()
210 for bar in bars:
211     plt.text(bar.get_x() + bar.get_width() / 2, bar.
        get_height(), str(int(bar.get_height())),
212             ha='center', va='bottom', fontsize=5)
213 plt.savefig(f"grafico_bootstrap_{aviao}.png", dpi=300)
214 plt.close()
215 plt.bar(np.arange(len(df_filtrado)), df_filtrado['
    media_superior'] - df_filtrado['media_inferior'],
216         bottom=df_filtrado['media_inferior'], color='orange',
        alpha=0.3)
217 # Plotando os pontos da estatística_t
218 plt.scatter(np.arange(len(df_filtrado)), df_filtrado['
    estatistica_t'], color='red', s=10, edgecolor='black
```

```
    ')
219     plt.xlabel('Grupos', fontsize=12)
220     plt.ylabel('Valores', fontsize=12)
221     plt.title('Valores Estatísticos por Grupos Concatenados
    ', fontsize=14)
222     plt.xticks(np.arange(len(df_filtrado)), df_filtrado['
        grupos_concatenados'], rotation=45, ha='right',
        fontsize=10)
223     plt.yticks(fontsize=10)
224     plt.legend()
225     plt.tight_layout()
226     # Salvar a figura
227     nome_figura = f"
        grafico_bootstrap_comparacao_limite_estatistica_{
        aviao}.png"
228     plt.savefig(nome_figura, dpi=300)
229     plt.close()
230     df_filtrado.drop('grupos_concatenados', axis=1, inplace
        =True)
231     resultados_estatistica_bootstrap.append(df_filtrado)
232     print(resultados_estatistica_bootstrap)
233     print(df_resultadosBootstrapEntreAvioes)
234
235 # Funcao para descrever e visualizar os dados
236 def descreverDados(nome_arquivo, variavel_avalizada):
237     nome_csv = 'variacao_percentual_' + variavel_avalizada
238     sns.set_context('notebook')
239     df_analise_descritiva_deformacao = pd.DataFrame()
240     df_analise_descritiva_variacao_deformacao = pd.DataFrame()
241     # Importar dados e calcular variacao percentual
242     dataframe_calculado = importarJson(nome_arquivo)
243
244     # Definir um filtro para selecionar dados especificos
```



```
245 filtro = ((dataframe_calculado['modeloAviao'] == 'B737800')
            & (dataframe_calculado['no'] == 55)) | ((
            dataframe_calculado['modeloAviao'] == 'B767300') & (
            dataframe_calculado['no'] == 0)) | ((dataframe_calculado
            ['modeloAviao'] == 'B777300') & (dataframe_calculado['no
            '] == 47))
246
247 # Aplicar o filtro ao DataFrame
248 dataframe_filtrado = dataframe_calculado[filtro]
249 dataframe_filtrado['valorPropriedade'] = pd.to_numeric(
            dataframe_filtrado['valorPropriedade'], errors='raise')
250
251 # Iterar sobre os modelos de aviao unicos
252 for aviao in dataframe_filtrado['modeloAviao'].unique().
            tolist():
253     dataframe_filtradoo_por_aviao = dataframe_filtrado[(
            dataframe_filtrado['modeloAviao'] == aviao)]
254
255 # Iterar sobre as Propriedades unicas
256 for Propriedade in dataframe_filtradoo_por_aviao['
            nomePropriedade'].unique().tolist():
257     if Propriedade != "Base":
258         dataframe_filtrado_por_Propriedade =
            dataframe_filtradoo_por_aviao[(
            dataframe_filtradoo_por_aviao['
            nomePropriedade'] == Propriedade)]
259
260 # Calcular a variacao percentual
261 dfConcatenadoComVariacaoPercentual =
            dataframeVariacaoPercentual(
            dataframe_filtrado_por_Propriedade, nome_csv
            , variavel_avaliada = variavel_avaliada)
262 dfConcatenadoComVariacaoPercentual_sem_outliers
            ,
```

```
        outliers_dfConcatenadoComVariacaoPercentual
    = filtrar_outliers(
        dfConcatenadoComVariacaoPercentual)
263 df_analise_descritiva_deformacao_atual =
        analise_quantitativa(
            dataframe_filtrado_por_Propriedade["e3"],
            Propriedade, aviao)
264 df_analise_descritiva_variacao_deformacao_atual
        = analise_quantitativa(
            dfConcatenadoComVariacaoPercentual["
            variacao_percentual_e3"], Propriedade, aviao
        )
265 df_analise_descritiva_deformacao = pd.concat([
            df_analise_descritiva_deformacao,
            df_analise_descritiva_deformacao_atual],
            ignore_index=True)
266 df_analise_descritiva_variacao_deformacao = pd.
            concat([
                df_analise_descritiva_variacao_deformacao,
                df_analise_descritiva_variacao_deformacao_atual
            ], ignore_index=True)
267 # Nome do arquivo de figura
268 nomeFiguraArquivo = f'Grafico de pontos para {
            Propriedade} no {aviao}'
269
270 # Salvar os DataFrames em arquivos CSV
271 dfConcatenadoComVariacaoPercentual.to_csv(
            nomeFiguraArquivo.title().replace(" ", "") +
            '_dataframe_variacao_percentual.csv', index
            =False, sep=';', decimal='.')
272 outliers_dfConcatenadoComVariacaoPercentual.
            to_csv(nomeFiguraArquivo.title().replace(" ",
            , "") + '_outliers.csv', index=False, sep=';
            ', decimal='.')
```

```
273
274 # Grafico de Variacao Percentual
275 cores = np.random.rand(1,3)
276 dfConcatenadoComVariacaoPercentual.to_csv(
    nomeFiguraArquivo.title().replace(" ", "") +
    '_variacao_percentual.csv', index=False,
    sep=';', decimal=',')
277 unidadePropriedade = {'carregamento': 'Pa', '
    elasBas': 'Pa', 'elasRev': 'Pa', 'elasSub':
    'Pa', 'espBas': 'm', 'espRev': 'm', 'poiBas'
    : '', 'poiRev': '', 'poiSub': '' }
278
279 #Grafico variacao percentual
280 largura = 720 / 80
281 altura = 480 / 80
282 plt.figure() #figsize=(largura, altura)
283 plt.scatter(dfConcatenadoComVariacaoPercentual[
    'valorPropriedade'],
    dfConcatenadoComVariacaoPercentual["
    variacao_percentual_e3"], color=cores, alpha
    =0.7, s=10)
284 if unidadePropriedade[Propriedade] == '':
285     plt.xlabel(Propriedade)
286 else:
287     plt.xlabel(Propriedade + ' (' +
        unidadePropriedade[Propriedade]+ ')')
288 plt.ylabel("Variação percentual (%)")
289 plt.grid(True)
290 plt.tight_layout()
291 plt.ticklabel_format(style='plain', axis='y')
292 sns.set_style('whitegrid')
293 intervaloPlotado = 1.02
294 multiplicador = 0.8
295 margem = 0.1
```

```
296 plt.margins(x = margem, y = margem)
297 plt.savefig(nomeFiguraArquivo.title().replace("
      ", ""), dpi=300)
298 plt.close()
299 print(aviao + " " + Propriedade + " Variacao
      Percentual OK")
300 # Grafico sem outliers
301 plt.figure() #figsize=(largura, altura)
302 cores = np.random.rand(1,3)
303 plt.scatter(
      dfConcatenadoComVariacaoPercentual_sem_outliers
      ['valorPropriedade'],
      dfConcatenadoComVariacaoPercentual_sem_outliers
      [nome_csv], color=cores, alpha=0.7, s=10)
304 if unidadePropriedade[Propriedade] == '':
305     plt.xlabel(Propriedade)
306 else:
307     plt.xlabel(Propriedade + ' (' +
      unidadePropriedade[Propriedade]+ ')')
308 plt.ylabel("Variação percentual (%)")
309 plt.margins(x = margem, y = margem)
310 plt.grid(True)
311 plt.tight_layout()
312 plt.ticklabel_format(style='plain', axis='y')
313 sns.set_style('whitegrid')
314 plt.savefig(nomeFiguraArquivo.title().replace("
      ", "")+"_sem_outliers", dpi=300)
315 plt.close()
316 print(aviao + " " + Propriedade + " Sem
      outliers OK")
317 # Grafico de Deformacoes Absolutas
318 plt.figure() #figsize=(largura, altura)
319 cores = np.random.rand(1,3)
```

```

320 plt.scatter(dataframe_filtrado_por_Propriedade [
      'valorPropriedade'],
      dataframe_filtrado_por_Propriedade["e3"],
      color=cores, alpha=0.7, s=10)
321 if unidadePropriedade[Propriedade] == '':
322     plt.xlabel(Propriedade)
323 else:
324     plt.xlabel(Propriedade + ' (' +
      unidadePropriedade[Propriedade]+ ')')
325 plt.ylabel("Deformação absoluta (m/m)")
326 plt.margins(x = margem, y = margem)
327 plt.grid(True)
328 plt.tight_layout()
329 plt.ticklabel_format(style='plain', axis='y')
330 sns.set_style('whitegrid')
331 plt.savefig(nomeFiguraArquivo.title().replace("
      ", "")+"_deformacoes_absolutas", dpi=300)
332 plt.close()
333 print(aviao + " " + Propriedade + " Deformacoes
      absolutas OK")
334 # Plotar graficos de dispersao para cada coluna
      separadamente
335 df_analise_descritiva_deformacao.to_csv('
      analise_descritiva_deformacao.csv', index=False, sep=';'
      , decimal=',')
336 df_analise_descritiva_variacao_deformacao.to_csv('
      analise_descritiva_variacao_deformacao.csv', index=False
      , sep=';', decimal=',')
337 return []
338
339
340 # # # # Chamada das funcoes deslocamento
341 iniciarProcessamentoEstatistico('
      DeslocamentodadosModelosSaidaPrincipais.json',

```

```
    variavel_avalizada = 'u3', alpha = 0.05)
342 descreverDados('DeslocamentodadosModelosSaidaPrincipais.json',
    variavel_avalizada = 'u3')
343
344 # # # Chamada das funcoes deformacao
345 iniciarProcessamentoEstatistico('
    DeformacaodadosModelosSaidaPrincipais.json',
    variavel_avalizada = 'e3', alpha = 0.05, quantidadeSimulacoes
    = 100000)
346 descreverDados('DeformacaodadosModelosSaidaPrincipais.json',
    variavel_avalizada = 'e3')
```

Código-fonte 5 – Processamento Estatístico Dos Resultados

**APÊNDICE F – VALOR DE DEFORMAÇÃO ABAIXO DA RODA POR TAMANHO
DE MESH**

(Continua)

Propriedade	E3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-0,1-0,25	-0,002100259	0,000%
Mesh0,05-0,1-0,5	-0,002098931	-0,063%
Mesh0,05-0,1-0,75	-0,002097421	-0,135%
Mesh0,05-0,1-1,0	-0,002096558	-0,176%
Mesh0,05-0,1-1,25	-0,002093779	-0,309%
Mesh0,05-0,1-1,5	-0,002091456	-0,419%
Mesh0,05-0,1-1,75	-0,002091413	-0,421%
Mesh0,05-0,1-2,0	-0,002087755	-0,595%
Mesh0,05-0,1-2,25	-0,002087758	-0,595%
Mesh0,05-0,1-2,5	-0,002083981	-0,775%
Mesh0,05-0,1-2,75	-0,002083706	-0,788%
Mesh0,05-0,1-3,0	-0,00213119	1,473%
Mesh0,05-0,2-0,25	-0,002886702	37,445%
Mesh0,05-0,2-0,5	-0,002884464	37,338%
Mesh0,05-0,2-0,75	-0,002880671	37,158%
Mesh0,05-0,2-1,0	-0,002879192	37,087%
Mesh0,05-0,2-1,25	-0,002876655	36,967%
Mesh0,05-0,2-1,5	-0,002874149	36,847%
Mesh0,05-0,2-1,75	-0,002875104	36,893%
Mesh0,05-0,2-2,0	-0,002872834	36,785%
Mesh0,05-0,2-2,25	-0,002871244	36,709%
Mesh0,05-0,2-2,5	-0,002872096	36,750%
Mesh0,05-0,2-2,75	-0,002875309	36,903%
Mesh0,05-0,2-3,0	-0,002875309	36,903%
Mesh0,05-0,3-0,25	-0,002873072	36,796%
Mesh0,05-0,3-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,3-0,75	-0,002868435	36,575%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-0,3-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,3-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,3-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,3-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,3-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,3-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,3-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,3-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,3-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,4-0,25	-0,002872821	36,784%
Mesh0,05-0,4-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,4-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,4-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,4-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,4-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,4-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,4-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,4-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,4-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,4-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,4-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,5-0,25	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,5-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,5-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,5-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,5-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,5-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,5-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,5-2,0	-0,002862502	36,293%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-0,5-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,5-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,5-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,5-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,6-0,25	-0,002870724	36,684%
Mesh0,05-0,6-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,6-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,6-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,6-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,6-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,6-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,6-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,6-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,6-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,6-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,6-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,7-0,25	-0,002869559	36,629%
Mesh0,05-0,7-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,7-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,7-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,7-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,7-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,7-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,7-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,7-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,7-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,7-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,7-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,8-0,25	-0,002867158	36,514%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-0,8-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,8-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,8-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,8-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,8-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,8-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,8-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,8-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,8-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,8-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,8-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-0,9-0,25	-0,002866701	36,493%
Mesh0,05-0,9-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-0,9-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-0,9-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-0,9-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-0,9-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-0,9-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-0,9-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-0,9-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-0,9-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-0,9-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-0,9-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-1,0-0,25	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-1,0-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-1,0-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-1,0-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-1,0-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-1,0-1,5	-0,002864362	36,381%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-1,0-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-1,0-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-1,0-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-1,0-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-1,0-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-1,0-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-1,1-0,25	-0,002864626	36,394%
Mesh0,05-1,1-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-1,1-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-1,1-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-1,1-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-1,1-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-1,1-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-1,1-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-1,1-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-1,1-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-1,1-2,75	-0,002859813	36,165%
Mesh0,05-1,1-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,05-1,2-0,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-1,2-0,5	-0,002870682	36,682%
Mesh0,05-1,2-0,75	-0,002868435	36,575%
Mesh0,05-1,2-1,0	-0,00286789	36,549%
Mesh0,05-1,2-1,25	-0,002865894	36,454%
Mesh0,05-1,2-1,5	-0,002864362	36,381%
Mesh0,05-1,2-1,75	-0,002862464	36,291%
Mesh0,05-1,2-2,0	-0,002862502	36,293%
Mesh0,05-1,2-2,25	-0,002860104	36,179%
Mesh0,05-1,2-2,5	-0,002861959	36,267%
Mesh0,05-1,2-2,75	-0,002859813	36,165%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,05-1,2-3,0	-0,002864341	36,380%
Mesh0,1-0,1-0,25	-0,000739062	-64,811%
Mesh0,1-0,1-0,5	-0,000738169	-64,853%
Mesh0,1-0,1-0,75	-0,00073737	-64,891%
Mesh0,1-0,1-1,0	-0,000736911	-64,913%
Mesh0,1-0,1-1,25	-0,00073566	-64,973%
Mesh0,1-0,1-1,5	-0,000734971	-65,006%
Mesh0,1-0,1-1,75	-0,00073495	-65,007%
Mesh0,1-0,1-2,0	-0,000734118	-65,046%
Mesh0,1-0,1-2,25	-0,000734118	-65,046%
Mesh0,1-0,1-2,5	-0,000733138	-65,093%
Mesh0,1-0,1-2,75	-0,000733138	-65,093%
Mesh0,1-0,1-3,0	-0,000736967	-64,911%
Mesh0,1-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,1-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,1-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,1-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,1-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,1-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,1-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,1-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,1-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,1-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,1-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,1-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,1-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,1-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,1-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,1-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,1-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,1-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,1-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,1-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,1-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,1-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,1-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,1-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,1-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,1-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,1-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,1-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,1-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,1-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,1-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,1-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,1-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,1-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,15-0,1-0,25	-2,5887E-05	-98,767%
Mesh0,15-0,1-0,5	-2,57249E-05	-98,775%
Mesh0,15-0,1-0,75	-2,55689E-05	-98,783%
Mesh0,15-0,1-1,0	-2,55168E-05	-98,785%
Mesh0,15-0,1-1,25	-2,55974E-05	-98,781%
Mesh0,15-0,1-1,5	-2,55684E-05	-98,783%
Mesh0,15-0,1-1,75	-2,56063E-05	-98,781%
Mesh0,15-0,1-2,0	-2,56226E-05	-98,780%
Mesh0,15-0,1-2,25	-2,57198E-05	-98,775%
Mesh0,15-0,1-2,5	-2,5778E-05	-98,773%
Mesh0,15-0,1-2,75	-2,19306E-05	-98,956%
Mesh0,15-0,1-3,0	-2,20004E-05	-98,952%
Mesh0,15-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,15-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,15-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,15-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,15-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,15-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,15-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,15-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,15-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,15-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,15-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,15-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,15-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,15-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,15-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,15-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,15-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,15-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,15-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,15-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,15-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,15-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,15-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,15-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,15-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,15-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,15-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,15-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,15-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,15-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,15-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,15-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,15-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,15-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,1-0,25	-8,90533E-07	-99,958%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,2-0,1-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,2-0,1-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,2-0,1-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,2-0,1-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,2-0,1-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,2-0,1-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,2-0,1-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,2-0,1-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,2-0,1-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,2-0,1-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,2-0,1-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,2-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,2-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,2-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,2-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,2-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,2-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,2-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,2-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,2-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,2-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,2-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,2-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,2-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,2-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,2-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,2-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,2-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,2-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,2-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,2-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,2-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,2-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,2-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,2-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,2-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,2-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,2-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,2-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,2-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,2-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,2-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,2-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,2-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,2-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,1-0,25	-8,89893E-07	-99,958%
Mesh0,25-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,25-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,25-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,25-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,25-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,25-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,25-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,25-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,25-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,25-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,25-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,25-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,25-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,25-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,25-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,25-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,25-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,25-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,25-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,25-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,25-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,25-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,25-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,25-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,25-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,25-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,25-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,25-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,25-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,25-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,25-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,25-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,25-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,25-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,25-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,1-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,3-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,3-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,3-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,3-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,3-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,3-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,3-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,3-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,3-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,3-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,3-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,3-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,3-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,3-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,3-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,3-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,3-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,3-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,3-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,3-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,3-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,3-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,3-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,3-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,3-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,3-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,3-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,3-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,3-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,3-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,3-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,3-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,3-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,3-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,1-0,25	-9,3367E-07	-99,956%
Mesh0,35-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,35-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,35-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,35-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,35-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,35-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,35-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,35-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,35-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,35-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,35-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,35-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,35-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,35-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,35-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,35-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,35-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,35-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,35-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,35-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,35-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,35-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,35-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,35-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,35-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,35-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,35-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,35-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,35-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,35-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,35-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,35-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,35-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,35-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,35-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,1-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,4-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,4-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,4-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,4-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,4-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,4-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,4-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,4-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,4-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,4-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,4-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,4-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,4-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,4-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,4-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,4-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,4-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,4-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,4-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,4-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,4-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,4-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,4-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,4-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,4-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,4-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,4-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,4-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,4-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,4-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,4-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,4-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,4-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,4-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,1-0,25	-6,07172E-07	-99,971%
Mesh0,45-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,45-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,45-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,45-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,45-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,45-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,45-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,45-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,45-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,45-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,45-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,45-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,45-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,45-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,45-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,45-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,45-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,45-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,45-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,45-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,45-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,45-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,45-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,45-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,45-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,45-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,45-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,45-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,45-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,45-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,45-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,45-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,45-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,45-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,45-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,1-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,5-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,5-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,5-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,5-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,5-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,5-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,5-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,5-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,5-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,5-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,5-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,5-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,5-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,5-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,5-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,5-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,5-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,5-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,5-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,5-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,5-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,5-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,5-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,5-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,5-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,5-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,5-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,5-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,5-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,5-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,5-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,5-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,5-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,5-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,1-0,25	8,86779E-07	-100,042%
Mesh0,55-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,55-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,55-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,55-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,55-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,55-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,55-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,55-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,55-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,55-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,55-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,55-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,55-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,55-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,55-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,55-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,55-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,55-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,55-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,55-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,55-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,55-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,55-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,55-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,55-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,55-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,55-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,55-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,55-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,55-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,55-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,55-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,55-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,55-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,1-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,6-0,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,1-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,6-0,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,2-0,25	-8,90533E-07	-99,958%
Mesh0,6-0,2-0,5	-4,60808E-07	-99,978%
Mesh0,6-0,2-0,75	3,53138E-06	-100,168%
Mesh0,6-0,2-1,0	-9,02318E-05	-95,704%
Mesh0,6-0,2-1,25	-0,000176958	-91,574%
Mesh0,6-0,2-1,5	1,49141E-06	-100,071%
Mesh0,6-0,2-1,75	3,40147E-06	-100,162%
Mesh0,6-0,2-2,0	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,6-0,2-2,25	1,54314E-05	-100,735%
Mesh0,6-0,2-2,5	-0,00013986	-93,341%
Mesh0,6-0,2-2,75	-0,000145854	-93,055%
Mesh0,6-0,2-3,0	-2,45243E-06	-99,883%
Mesh0,6-0,3-0,25	-9,04989E-07	-99,957%
Mesh0,6-0,3-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,3-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,3-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,3-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,3-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,3-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,3-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,3-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,3-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,3-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,3-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,4-0,25	-7,22597E-07	-99,966%
Mesh0,6-0,4-0,5	-1,94888E-08	-99,999%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,6-0,4-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,4-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,4-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,4-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,4-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,4-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,4-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,4-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,4-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,4-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,5-0,25	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,5-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,5-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,5-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,5-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,5-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,5-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,5-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,5-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,5-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,5-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,5-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,6-0,25	2,65719E-06	-100,127%
Mesh0,6-0,6-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,6-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,6-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,6-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,6-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,6-1,75	3,35428E-06	-100,160%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,6-0,6-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,6-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,6-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,6-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,6-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,7-0,25	5,56945E-06	-100,265%
Mesh0,6-0,7-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,7-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,7-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,7-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,7-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,7-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,7-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,7-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,7-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,7-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,7-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-0,8-0,25	1,00121E-05	-100,477%
Mesh0,6-0,8-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,8-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,8-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,8-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,8-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,8-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,8-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,8-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,8-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,8-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,8-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,6-0,9-0,25	4,27752E-06	-100,204%
Mesh0,6-0,9-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-0,9-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-0,9-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-0,9-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-0,9-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-0,9-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-0,9-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,9-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-0,9-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-0,9-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-0,9-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-1,0-0,25	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-1,0-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-1,0-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-1,0-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-1,0-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-1,0-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-1,0-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-1,0-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,0-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,0-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-1,0-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-1,0-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-1,1-0,25	-7,56133E-05	-96,400%
Mesh0,6-1,1-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-1,1-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-1,1-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-1,1-1,25	-0,000163485	-92,216%

Tabela 27 – Deformação por tamanho de elemento finito.

(Continuação)

nomePropriedade	e3	Variação Percentual Pavimento 0
Mesh0,6-1,1-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-1,1-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-1,1-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,1-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,1-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-1,1-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-1,1-3,0	-3,09391E-06	-99,853%
Mesh0,6-1,2-0,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-1,2-0,5	-1,94888E-08	-99,999%
Mesh0,6-1,2-0,75	7,76315E-06	-100,370%
Mesh0,6-1,2-1,0	-7,55318E-05	-96,404%
Mesh0,6-1,2-1,25	-0,000163485	-92,216%
Mesh0,6-1,2-1,5	1,57532E-06	-100,075%
Mesh0,6-1,2-1,75	3,35428E-06	-100,160%
Mesh0,6-1,2-2,0	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,2-2,25	1,48691E-05	-100,708%
Mesh0,6-1,2-2,5	-0,000106993	-94,906%
Mesh0,6-1,2-2,75	-0,000106315	-94,938%
Mesh0,6-1,2-3,0	-3,09391E-06	-99,853%

Fonte Elaborada pelo Autor, 2024.

APÊNDICE G – VALORES DE DEFORMAÇÃO ABAIXO DA RODA

(Continua)

Propriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
Base	B737800	0	-0,00091693
Base	B767300	0	-0,002144599
Base	B777300	0	-0,002249995
espRev	B737800	0,075	-0,000904131
espRev	B737800	0,0772	-0,000907303
espRev	B737800	0,0796	-0,000910249
espRev	B737800	0,082	-0,000912682
espRev	B737800	0,0844	-0,000914624
espRev	B737800	0,0869	-0,000916151
espRev	B737800	0,0896	-0,000917261
espRev	B737800	0,0922	-0,000917834
espRev	B737800	0,095	-0,000917941
espRev	B737800	0,0979	-0,000917533
espRev	B737800	0,1008	-0,000916636
espRev	B737800	0,1038	-0,000915234
espRev	B737800	0,1069	-0,000913322
espRev	B737800	0,1101	-0,000910898
espRev	B737800	0,1134	-0,000907965
espRev	B737800	0,1168	-0,000904527
espRev	B737800	0,1204	-0,000900478
espRev	B737800	0,124	-0,000896054
espRev	B737800	0,1277	-0,000860157
espRev	B737800	0,1315	-0,0008536
espRev	B737800	0,1355	-0,000846487
espRev	B737800	0,1395	-0,000839202
espRev	B737800	0,1437	-0,000831412
espRev	B737800	0,148	-0,00082333
espRev	B737800	0,1525	-0,000814797

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B737800	0,157	-0,000806225
espRev	B737800	0,1617	-0,000797263
espRev	B737800	0,1666	-0,000787943
espRev	B737800	0,1716	-0,000778487
espRev	B737800	0,1767	-0,000774088
espRev	B737800	0,182	-0,000764534
espRev	B737800	0,1875	-0,000754726
espRev	B737800	0,1931	-0,000744868
espRev	B737800	0,1989	-0,000734808
espRev	B737800	0,2049	-0,000724572
espRev	B737800	0,211	-0,000714352
espRev	B737800	0,2174	-0,000703837
espRev	B737800	0,2239	-0,000693379
espRev	B737800	0,2306	-0,000676116
espRev	B737800	0,2375	-0,000665318
espRev	B737800	0,2447	-0,000654316
espRev	B737800	0,252	-0,000643433
espRev	B737800	0,2596	-0,000632389
espRev	B737800	0,2673	-0,000621489
espRev	B737800	0,2754	-0,000613286
espRev	B737800	0,2836	-0,000602564
espRev	B737800	0,2921	-0,000591761
espRev	B737800	0,3009	-0,000580901
espRev	B737800	0,3099	-0,000570121
espRev	B737800	0,3192	-0,000559315
espRev	B737800	0,3288	-0,000545936
espRev	B737800	0,3387	-0,000535013
espRev	B737800	0,3488	-0,000524217
espRev	B737800	0,3593	-0,000513349

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B737800	0,3701	-0,000502533
espRev	B737800	0,3812	-0,000493026
espRev	B737800	0,3926	-0,000482502
espRev	B737800	0,4044	-0,000471981
espRev	B737800	0,4165	-0,000461565
espRev	B737800	0,429	-0,000450154
espRev	B737800	0,4419	-0,000439738
espRev	B737800	0,4551	-0,000429452
espRev	B737800	0,4688	-0,00041915
espRev	B737800	0,4828	-0,000409439
espRev	B737800	0,4973	-0,000399365
espRev	B737800	0,5122	-0,000389392
espBas	B737800	0,075	-8,35299E-05
espBas	B737800	0,0772	-8,33324E-05
espBas	B737800	0,0796	-8,31702E-05
espBas	B737800	0,082	-8,30594E-05
espBas	B737800	0,0844	-8,29976E-05
espBas	B737800	0,0869	-8,29822E-05
espBas	B737800	0,0896	-8,30185E-05
espBas	B737800	0,0922	-8,31018E-05
espBas	B737800	0,095	-8,32419E-05
espBas	B737800	0,0979	-8,34382E-05
espBas	B737800	0,1008	-8,36846E-05
espBas	B737800	0,1038	-8,39879E-05
espBas	B737800	0,1069	-8,43501E-05
espBas	B737800	0,1101	-8,47734E-05
espBas	B737800	0,1134	-8,52583E-05
espBas	B737800	0,1168	-8,58071E-05
espBas	B737800	0,1204	-8,64378E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B737800	0,124	-8,71173E-05
espBas	B737800	0,1277	-8,78623E-05
espBas	B737800	0,1315	-8,86731E-05
espBas	B737800	0,1355	-8,95738E-05
espBas	B737800	0,1395	-9,05192E-05
espBas	B737800	0,1437	-9,15562E-05
espBas	B737800	0,148	-9,26616E-05
espBas	B737800	0,1525	-1,50149E-05
espBas	B737800	0,157	-1,47815E-05
espBas	B737800	0,1617	-1,45442E-05
espBas	B737800	0,1666	-1,43042E-05
espBas	B737800	0,1716	-1,40673E-05
espBas	B737800	0,1767	-1,38344E-05
espBas	B737800	0,182	-1,3602E-05
espBas	B737800	0,1875	-1,33714E-05
espBas	B737800	0,1931	-1,31476E-05
espBas	B737800	0,1989	-1,29278E-05
espBas	B737800	0,2049	-1,27131E-05
espBas	B737800	0,211	-1,2508E-05
espBas	B737800	0,2174	-1,23068E-05
espBas	B737800	0,2239	-1,21169E-05
espBas	B737800	0,2306	-1,19359E-05
espBas	B737800	0,2375	-1,17647E-05
espBas	B737800	0,2447	-1,1602E-05
espBas	B737800	0,252	-0,000905121
espBas	B737800	0,2596	-0,000907647
espBas	B737800	0,2673	-0,000909926
espBas	B737800	0,2754	-0,000912043
espBas	B737800	0,2836	-0,000913914

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B737800	0,2921	-0,000915591
espBas	B737800	0,3009	-0,00091707
espBas	B737800	0,3099	-0,000918334
espBas	B737800	0,3192	-0,000919402
espBas	B737800	0,3288	-0,000920275
espBas	B737800	0,3387	-0,000920954
espBas	B737800	0,3488	-0,000921442
espBas	B737800	0,3593	-0,00163369
espBas	B737800	0,3701	-0,001592183
espBas	B737800	0,3812	-0,001550772
espBas	B737800	0,3926	-0,001509537
espBas	B737800	0,4044	-0,001468207
espBas	B737800	0,4165	-0,001427219
espBas	B737800	0,429	-0,001386321
espBas	B737800	0,4419	-0,001345606
espBas	B737800	0,4551	-0,002176818
espBas	B737800	0,4688	-0,002172533
espBas	B737800	0,4828	-0,002168127
espBas	B737800	0,4973	-0,002163536
espBas	B737800	0,5122	-0,002158793
espBas	B737800	0,5276	-0,002153872
espBas	B737800	0,5434	-0,002148806
espBas	B737800	0,5597	-0,002537776
espBas	B737800	0,5765	-0,002505032
espBas	B737800	0,5938	-0,002471937
espBas	B737800	0,6117	-0,002438343
espBas	B737800	0,63	-0,002404656
espBas	B737800	0,6489	-0,002370543
espBas	B737800	0,6684	-0,000685598

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B737800	0,6884	-0,000664333
espBas	B737800	0,7091	-0,000643349
espBas	B737800	0,7303	-0,000622879
espBas	B737800	0,7523	-0,000602799
espBas	B737800	0,7748	-0,000582419
espBas	B737800	0,7981	-0,000562416
espBas	B737800	0,822	-0,000542989
espBas	B737800	0,8467	-0,000523997
espBas	B737800	0,8721	-0,002174957
espBas	B737800	0,8982	-0,002147938
espBas	B737800	0,9252	-0,002120388
espBas	B737800	0,9529	-0,000720982
espBas	B737800	0,9815	-0,000702127
espBas	B737800	1,011	-0,000683442
espBas	B737800	1,0413	-0,000665004
espBas	B737800	1,0725	-0,001811865
espBas	B737800	1,1047	-0,001806779
espBas	B737800	1,1379	-0,001801566
elasRev	B737800	517110000	-0,000955162
elasRev	B737800	532623300	-0,000954332
elasRev	B737800	548601999	-0,000953502
elasRev	B737800	565060059	-0,000952671
elasRev	B737800	582011860,7	-0,000951837
elasRev	B737800	599472216,6	-0,000951
elasRev	B737800	617456383,1	-0,000950159
elasRev	B737800	635980074,6	-0,000949312
elasRev	B737800	655059476,8	-0,000948459
elasRev	B737800	674711261,1	-0,000947599
elasRev	B737800	694952598,9	-0,000946729

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B737800	715801176,9	-0,00094585
elasRev	B737800	737275212,2	-0,00094496
elasRev	B737800	759393468,6	-0,000944058
elasRev	B737800	782175272,6	-0,000943142
elasRev	B737800	805640530,8	-0,000942211
elasRev	B737800	829809746,7	-0,000941265
elasRev	B737800	854704039,1	-0,000940301
elasRev	B737800	880345160,3	-0,000939318
elasRev	B737800	906755515,1	-0,000938316
elasRev	B737800	933958180,6	-0,000937293
elasRev	B737800	961976926	-0,000936247
elasRev	B737800	990836233,8	-0,000935177
elasRev	B737800	1020561321	-0,000934082
elasRev	B737800	1051178160	-0,000932961
elasRev	B737800	1082713505	-0,000931812
elasRev	B737800	1115194910	-0,000930634
elasRev	B737800	1148650758	-0,000929425
elasRev	B737800	1183110280	-0,000928185
elasRev	B737800	1218603589	-0,000926912
elasRev	B737800	1255161696	-0,000925605
elasRev	B737800	1292816547	-0,000924262
elasRev	B737800	1331601044	-0,000922883
elasRev	B737800	1371549075	-0,000921466
elasRev	B737800	1412695547	-0,000920009
elasRev	B737800	1455076414	-0,000918512
elasRev	B737800	1498728706	-0,000916974
elasRev	B737800	1543690567	-0,000915394
elasRev	B737800	1590001284	-0,00091377
elasRev	B737800	1637701323	-0,000912101

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B737800	1686832363	-0,000910386
elasRev	B737800	1737437334	-0,000908625
elasRev	B737800	1789560454	-0,000906817
elasRev	B737800	1843247267	-0,000904959
elasRev	B737800	1898544685	-0,000903053
elasRev	B737800	1955501026	-0,000901096
elasRev	B737800	2014166056	-0,000899088
elasRev	B737800	2074591038	-0,000897029
elasRev	B737800	2136828769	-0,000894917
elasRev	B737800	2200933632	-0,000892752
elasRev	B737800	2266961641	-0,000890533
elasRev	B737800	2334970491	-0,00088826
elasRev	B737800	2405019605	-0,000885932
elasRev	B737800	2477170193	-0,000883549
elasRev	B737800	2551485299	-0,00088111
elasRev	B737800	2628029858	-0,000878615
elasRev	B737800	2706870754	-0,000876063
elasRev	B737800	2788076877	-0,000873455
elasRev	B737800	2871719183	-0,000870789
elasRev	B737800	2957870758	-0,000868066
elasRev	B737800	3046606881	-0,000865285
elasRev	B737800	3138005088	-0,000862447
elasRev	B737800	3232145240	-0,000859551
elasRev	B737800	3329109597	-0,000856598
elasRev	B737800	3428982885	-0,000853586
elasRev	B737800	3531852372	-0,000850517
elasRev	B737800	3637807943	-0,00084739
elasRev	B737800	3746942181	-0,000844205
elasRev	B737800	3859350447	-0,000840963

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B737800	3975130960	-0,000837663
elasRev	B737800	4094384889	-0,000834307
elasRev	B737800	4217216436	-0,000830893
elasRev	B737800	4343732929	-0,000827423
elasRev	B737800	4474044917	-0,000823897
elasRev	B737800	4608266264	-0,000820315
elasRev	B737800	4746514252	-0,000816677
elasRev	B737800	4888909680	-0,000812984
elasRev	B737800	5035576970	-0,000809237
elasRev	B737800	5186644279	-0,000805436
elasRev	B737800	5342243607	-0,000801581
elasRev	B737800	5502510916	-0,000797672
elasRev	B737800	5667586243	-0,000793711
elasRev	B737800	5837613830	-0,000789699
elasRev	B737800	6012742245	-0,000785634
elasRev	B737800	6193124513	-0,000781519
elasRev	B737800	6378918248	-0,000777354
elasRev	B737800	6570285795	-0,00077314
elasRev	B737800	6767394369	-0,000768877
elasRev	B737800	6970416200	-0,000764565
elasRev	B737800	7179528686	-0,000760207
elasRev	B737800	7394914547	-0,000755802
elasRev	B737800	7616761983	-0,000751351
elasRev	B737800	7845264843	-0,000746856
elasRev	B737800	8080622788	-0,000742316
elasRev	B737800	8323041472	-0,000737733
elasRev	B737800	8572732716	-0,000733107
elasRev	B737800	8829914698	-0,00072844
elasRev	B737800	9094812138	-0,000723732

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B737800	9367656503	-0,000718984
elasRev	B737800	9648686198	-0,000714198
elasRev	B737800	9938146784	-0,000709373
elasRev	B737800	10236291187	-0,000704512
elasRev	B737800	10543379923	-0,000699614
elasRev	B737800	10859681320	-0,000694681
elasRev	B737800	11185471760	-0,000689714
elasRev	B737800	11521035913	-0,000684715
elasRev	B737800	11866666990	-0,000679681
elasRev	B737800	12222667000	-0,000674618
elasRev	B737800	12589347010	-0,000669525
elasRev	B737800	12967027420	-0,000664403
elasRev	B737800	13356038243	-0,000659252
elasRev	B737800	13756719390	-0,000654074
elasRev	B737800	14169420972	-0,000648871
elasRev	B737800	14594503601	-0,000643642
elasRev	B737800	15032338709	-0,00063839
elasRev	B737800	15483308870	-0,000633115
elasRev	B737800	15947808136	-0,000627819
elasRev	B737800	16426242381	-0,000622502
elasRev	B737800	16919029652	-0,000617166
elasRev	B737800	17426600541	-0,000611812
elasRev	B737800	17949398558	-0,00060644
elasRev	B737800	18487880514	-0,000601053
elasRev	B737800	19042516930	-0,000595652
elasRev	B737800	19613792438	-0,000590236
elasRev	B737800	20202206211	-0,000584808
elasRev	B737800	20808272397	-0,000579369
elasRev	B737800	21432520569	-0,00057392

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B737800	22075496186	-0,000568462
elasRev	B737800	22737761072	-0,000562995
elasRev	B737800	23419893904	-0,000557523
elasRev	B737800	24122490721	-0,000552045
elasRev	B737800	24846165443	-0,000546563
elasRev	B737800	25591550406	-0,000541078
elasRev	B737800	26359296918	-0,000535591
elasRev	B737800	27150075826	-0,000530104
elasRev	B737800	27964578101	-0,000524617
elasRev	B737800	28803515444	-0,000519132
elasRev	B737800	29667620907	-0,000513649
elasRev	B737800	30557649534	-0,000508171
elasRev	B737800	31474379020	-0,000502697
elasRev	B737800	32418610391	-0,00049723
elasRev	B737800	33391168702	-0,000491771
elasRev	B737800	34392903763	-0,00048632
elasRev	B737800	35424690876	-0,000480879
elasRev	B737800	36487431603	-0,000475449
elasRev	B737800	37582054551	-0,000470031
elasRev	B737800	38709516187	-0,000464626
elasRev	B737800	39870801673	-0,000459236
elasRev	B737800	41066925723	-0,00045386
elasBas	B737800	206840000	-0,001106828
elasBas	B737800	213045200	-0,001075018
elasBas	B737800	219436556	-0,001044043
elasBas	B737800	226019652,7	-0,00101389
elasBas	B737800	232800242,3	-0,000984539
elasBas	B737800	239784249,5	-0,000955967
elasBas	B737800	246977777	-0,000928155

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	254387110,3	-0,00090109
elasBas	B737800	262018723,6	-0,000874749
elasBas	B737800	269879285,3	-0,000849121
elasBas	B737800	277975663,9	-0,00082418
elasBas	B737800	286314933,8	-0,000799918
elasBas	B737800	294904381,8	-0,000776315
elasBas	B737800	303751513,3	-0,000753351
elasBas	B737800	312864058,7	-0,000731017
elasBas	B737800	322249980,5	-0,000709294
elasBas	B737800	331917479,9	-0,000688168
elasBas	B737800	341875004,3	-0,000667622
elasBas	B737800	352131254,4	-0,000647644
elasBas	B737800	362695192	-0,000628219
elasBas	B737800	373576047,8	-0,000609332
elasBas	B737800	384783329,2	-0,000590972
elasBas	B737800	396326829,1	-0,000573122
elasBas	B737800	408216634	-0,000555772
elasBas	B737800	420463133	-0,00053891
elasBas	B737800	433077027	-0,00052252
elasBas	B737800	446069337,8	-0,000506593
elasBas	B737800	459451417,9	-0,000491115
elasBas	B737800	473234960,5	-0,000476074
elasBas	B737800	487432009,3	-0,000461461
elasBas	B737800	502054969,5	-0,000447263
elasBas	B737800	517116618,6	-0,000433469
elasBas	B737800	532630117,2	-0,00042007
elasBas	B737800	548609020,7	-0,000407054
elasBas	B737800	565067291,3	-0,000394412
elasBas	B737800	582019310,1	-0,000382132

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	599479889,4	-0,000370207
elasBas	B737800	617464286	-0,000358626
elasBas	B737800	635988214,6	-0,000347379
elasBas	B737800	655067861,1	-0,000336458
elasBas	B737800	674719896,9	-0,000325855
elasBas	B737800	694961493,8	-0,000315561
elasBas	B737800	715810338,6	-0,000305566
elasBas	B737800	737284648,8	-0,000295863
elasBas	B737800	759403188,2	-0,000286445
elasBas	B737800	782185283,9	-0,000277303
elasBas	B737800	805650842,4	-0,000268429
elasBas	B737800	829820367,7	-0,000259817
elasBas	B737800	854714978,7	-0,000251459
elasBas	B737800	880356428,1	-0,000243348
elasBas	B737800	906767120,9	-0,000235477
elasBas	B737800	933970134,5	-0,000227839
elasBas	B737800	961989238,6	-0,000220429
elasBas	B737800	990848915,7	-0,00021324
elasBas	B737800	1020574383	-0,000206267
elasBas	B737800	1051191615	-0,0001995
elasBas	B737800	1082727363	-0,000192936
elasBas	B737800	1115209184	-0,000186571
elasBas	B737800	1148665460	-0,000180396
elasBas	B737800	1183125423	-0,000174409
elasBas	B737800	1218619186	-0,000168603
elasBas	B737800	1255177762	-0,000162972
elasBas	B737800	1292833094	-0,000157514
elasBas	B737800	1331618087	-0,00015222
elasBas	B737800	1371566630	-0,000147089

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	1412713629	-0,000142116
elasBas	B737800	1455095038	-0,000137294
elasBas	B737800	1498747889	-0,000132621
elasBas	B737800	1543710325	-0,000128093
elasBas	B737800	1590021635	-0,000123705
elasBas	B737800	1637722284	-0,000119453
elasBas	B737800	1686853953	-0,000115333
elasBas	B737800	1737459571	-0,000111342
elasBas	B737800	1789583359	-0,000107476
elasBas	B737800	1843270859	-0,000103732
elasBas	B737800	1898568985	-0,000100105
elasBas	B737800	1955526055	-9,65935E-05
elasBas	B737800	2014191836	-9,31939E-05
elasBas	B737800	2074617591	-8,9902E-05
elasBas	B737800	2136856119	-8,67156E-05
elasBas	B737800	2200961803	-8,36319E-05
elasBas	B737800	2266990657	-8,06472E-05
elasBas	B737800	2335000376	-7,77591E-05
elasBas	B737800	2405050388	-7,49649E-05
elasBas	B737800	2477201899	-7,22618E-05
elasBas	B737800	2551517956	-6,96471E-05
elasBas	B737800	2628063495	-6,71186E-05
elasBas	B737800	2706905400	-6,46733E-05
elasBas	B737800	2788112562	-6,23095E-05
elasBas	B737800	2871755939	-6,00242E-05
elasBas	B737800	2957908617	-5,78155E-05
elasBas	B737800	3046645875	-5,5681E-05
elasBas	B737800	3138045252	-5,36187E-05
elasBas	B737800	3232186609	-5,16264E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	3329152208	-4,97021E-05
elasBas	B737800	3429026774	-4,78436E-05
elasBas	B737800	3531897577	-4,60491E-05
elasBas	B737800	3637854504	-4,43169E-05
elasBas	B737800	3746990139	-4,26447E-05
elasBas	B737800	3859399844	-4,1031E-05
elasBas	B737800	3975181839	-3,9474E-05
elasBas	B737800	4094437294	-3,79718E-05
elasBas	B737800	4217270413	-3,65231E-05
elasBas	B737800	4343788525	-3,51259E-05
elasBas	B737800	4474102181	-3,37789E-05
elasBas	B737800	4608325246	-3,24803E-05
elasBas	B737800	4746575004	-3,12287E-05
elasBas	B737800	4888972254	-3,00227E-05
elasBas	B737800	5035641422	-2,88607E-05
elasBas	B737800	5186710664	-2,77414E-05
elasBas	B737800	5342311984	-2,66634E-05
elasBas	B737800	5502581344	-2,56254E-05
elasBas	B737800	5667658784	-2,46261E-05
elasBas	B737800	5837688548	-2,36641E-05
elasBas	B737800	6012819204	-2,27384E-05
elasBas	B737800	6193203780	-2,18477E-05
elasBas	B737800	6378999894	-2,09907E-05
elasBas	B737800	6570369890	-2,01665E-05
elasBas	B737800	6767480987	-1,93738E-05
elasBas	B737800	6970505417	-1,86115E-05
elasBas	B737800	7179620579	-1,78787E-05
elasBas	B737800	7395009197	-1,71743E-05
elasBas	B737800	7616859472	-1,64973E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	7845365257	-1,58467E-05
elasBas	B737800	8080726214	-1,52216E-05
elasBas	B737800	8323148001	-1,46211E-05
elasBas	B737800	8572842441	-1,40442E-05
elasBas	B737800	8830027714	-1,34902E-05
elasBas	B737800	9094928545	-1,29581E-05
elasBas	B737800	9367776402	-1,24472E-05
elasBas	B737800	9648809694	-1,19567E-05
elasBas	B737800	9938273985	-1,14858E-05
elasBas	B737800	10236422204	-1,10338E-05
elasBas	B737800	10543514870	-1,05998E-05
elasBas	B737800	10859820316	-1,01834E-05
elasBas	B737800	11185614926	-9,78362E-06
elasBas	B737800	11521183374	-9,39996E-06
elasBas	B737800	11866818875	-9,03185E-06
elasBas	B737800	12222823441	-8,67857E-06
elasBas	B737800	12589508144	-8,33954E-06
elasBas	B737800	12967193389	-8,01421E-06
elasBas	B737800	13356209190	-7,70205E-06
elasBas	B737800	13756895466	-7,40248E-06
elasBas	B737800	14169602330	-7,11503E-06
elasBas	B737800	14594690400	-6,83918E-06
elasBas	B737800	15032531112	-6,57448E-06
elasBas	B737800	15483507045	-6,32041E-06
elasBas	B737800	15948012257	-6,07659E-06
elasBas	B737800	16426452624	-5,84254E-06
elasBas	B737800	16919246203	-5,61795E-06
elasBas	B737800	17426823589	-5,40231E-06
elasBas	B737800	17949628297	-5,19529E-06

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B737800	18488117146	-4,99653E-06
elasBas	B737800	19042760660	-4,80567E-06
elasBas	B737800	19614043480	-4,62243E-06
elasBas	B737800	20202464784	-4,44639E-06
elasBas	B737800	20808538728	-4,27735E-06
elasBas	B737800	21432794890	-4,11493E-06
elasBas	B737800	22075778736	-3,95888E-06
elasBas	B737800	22738052098	-3,80894E-06
elasBas	B737800	23420193661	-3,66486E-06
elasBas	B737800	24122799471	-3,52637E-06
elasBas	B737800	24846483455	-3,39324E-06
elasBas	B737800	25591877959	-3,26525E-06
elasBas	B737800	26359634298	-3,14219E-06
elasBas	B737800	27150423327	-3,02383E-06
elasBas	B737800	27964936027	-2,91E-06
elasBas	B737800	28803884107	-2,80049E-06
elasBas	B737800	29668000631	-2,69514E-06
elasBas	B737800	30558040649	-2,59377E-06
elasBas	B737800	31474781869	-2,49621E-06
elasBas	B737800	32419025325	-2,40232E-06
elasBas	B737800	33391596085	-2,31194E-06
elasBas	B737800	34393343967	-2,22494E-06
elasBas	B737800	35425144286	-2,14118E-06
elasSub	B737800	50000000	-0,000815581
elasSub	B737800	51500000	-0,000818182
elasSub	B737800	53045000	-0,000820773
elasSub	B737800	54636350	-0,000823354
elasSub	B737800	56275440,5	-0,000825922
elasSub	B737800	57963703,72	-0,000828477

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasSub	B737800	59702614,83	-0,000831019
elasSub	B737800	61493693,27	-0,000833547
elasSub	B737800	63338504,07	-0,000836059
elasSub	B737800	65238659,19	-0,000838556
elasSub	B737800	67195818,97	-0,000841036
elasSub	B737800	69211693,54	-0,0008435
elasSub	B737800	71288044,34	-0,000845945
elasSub	B737800	73426685,67	-0,000848372
elasSub	B737800	75629486,24	-0,00085078
elasSub	B737800	77898370,83	-0,000853169
elasSub	B737800	80235321,95	-0,000855537
elasSub	B737800	82642381,61	-0,000857885
elasSub	B737800	85121653,06	-0,000860212
elasSub	B737800	87675302,65	-0,000862517
elasSub	B737800	90305561,73	-0,000864801
elasSub	B737800	93014728,59	-0,000867062
elasSub	B737800	95805170,44	-0,0008693
elasSub	B737800	98679325,56	-0,000871514
elasSub	B737800	101639705,3	-0,000873706
elasSub	B737800	104688896,5	-0,000875873
elasSub	B737800	107829563,4	-0,000878016
elasSub	B737800	111064450,3	-0,000880134
elasSub	B737800	114396383,8	-0,000882228
elasSub	B737800	117828275,3	-0,000884297
elasSub	B737800	121363123,6	-0,00088634
poiRev	B737800	0,15	-0,000911872
poiRev	B737800	0,1545	-0,000912025
poiRev	B737800	0,1591	-0,000912181
poiRev	B737800	0,1639	-0,000912345

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiRev	B737800	0,1688	-0,000912511
poiRev	B737800	0,1739	-0,000912684
poiRev	B737800	0,1791	-0,000912861
poiRev	B737800	0,1845	-0,000913044
poiRev	B737800	0,19	-0,000913231
poiRev	B737800	0,1957	-0,000913425
poiRev	B737800	0,2016	-0,000913625
poiRev	B737800	0,2076	-0,000913828
poiRev	B737800	0,2139	-0,000914042
poiRev	B737800	0,2203	-0,000914258
poiRev	B737800	0,2269	-0,000914481
poiRev	B737800	0,2337	-0,000914711
poiRev	B737800	0,2407	-0,000914947
poiRev	B737800	0,2479	-0,00091519
poiRev	B737800	0,2554	-0,000915442
poiRev	B737800	0,263	-0,000915697
poiRev	B737800	0,2709	-0,000915962
poiRev	B737800	0,279	-0,000916232
poiRev	B737800	0,2874	-0,000916512
poiRev	B737800	0,296	-0,000916797
poiRev	B737800	0,3049	-0,000917091
poiRev	B737800	0,3141	-0,000917394
poiRev	B737800	0,3235	-0,000917702
poiRev	B737800	0,3332	-0,000918017
poiRev	B737800	0,3432	-0,00091834
poiRev	B737800	0,3535	-0,00091867
poiRev	B737800	0,3641	-0,000919006
poiRev	B737800	0,375	-0,000919348
poiRev	B737800	0,3863	-0,000919698

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiRev	B737800	0,3979	-0,000920052
poiRev	B737800	0,4098	-0,000920409
poiRev	B737800	0,4221	-0,000920771
poiRev	B737800	0,4347	-0,000921134
poiRev	B737800	0,4478	-0,000921501
poiRev	B737800	0,4612	-0,000921864
poiRev	B737800	0,4751	-0,000922227
poiRev	B737800	0,4893	-0,000922582
poiBas	B737800	0,01	-0,001066614
poiBas	B737800	0,0103	-0,001066694
poiBas	B737800	0,0106	-0,001066774
poiBas	B737800	0,0109	-0,001066853
poiBas	B737800	0,0113	-0,001066959
poiBas	B737800	0,0116	-0,001067038
poiBas	B737800	0,0119	-0,001067117
poiBas	B737800	0,0123	-0,001067221
poiBas	B737800	0,0127	-0,001067325
poiBas	B737800	0,013	-0,001067403
poiBas	B737800	0,0134	-0,001067506
poiBas	B737800	0,0138	-0,001067609
poiBas	B737800	0,0143	-0,001067737
poiBas	B737800	0,0147	-0,001067839
poiBas	B737800	0,0151	-0,00106794
poiBas	B737800	0,0156	-0,001068066
poiBas	B737800	0,016	-0,001068167
poiBas	B737800	0,0165	-0,001068291
poiBas	B737800	0,017	-0,001068415
poiBas	B737800	0,0175	-0,001068539
poiBas	B737800	0,0181	-0,001068686

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B737800	0,0186	-0,001068808
poiBas	B737800	0,0192	-0,001068953
poiBas	B737800	0,0197	-0,001069073
poiBas	B737800	0,0203	-0,001069216
poiBas	B737800	0,0209	-0,001069358
poiBas	B737800	0,0216	-0,001069523
poiBas	B737800	0,0222	-0,001069663
poiBas	B737800	0,0229	-0,001069825
poiBas	B737800	0,0236	-0,001069985
poiBas	B737800	0,0243	-0,001070144
poiBas	B737800	0,025	-0,001070302
poiBas	B737800	0,0258	-0,00107048
poiBas	B737800	0,0265	-0,001070635
poiBas	B737800	0,0273	-0,00107081
poiBas	B737800	0,0281	-0,001070983
poiBas	B737800	0,029	-0,001071175
poiBas	B737800	0,0299	-0,001071365
poiBas	B737800	0,0307	-0,001071532
poiBas	B737800	0,0317	-0,001071738
poiBas	B737800	0,0326	-0,00107192
poiBas	B737800	0,0336	-0,00107212
poiBas	B737800	0,0346	-0,001072318
poiBas	B737800	0,0356	-0,001072512
poiBas	B737800	0,0367	-0,001072722
poiBas	B737800	0,0378	-0,001072928
poiBas	B737800	0,039	-0,001073149
poiBas	B737800	0,0401	-0,001073348
poiBas	B737800	0,0413	-0,00107356
poiBas	B737800	0,0426	-0,001073786

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B737800	0,0438	-0,001073989
poiBas	B737800	0,0452	-0,001074221
poiBas	B737800	0,0465	-0,001074443
poiBas	B737800	0,0479	-0,00107465
poiBas	B737800	0,0493	-0,001074864
poiBas	B737800	0,0508	-0,001075086
poiBas	B737800	0,0523	-0,001075301
poiBas	B737800	0,0539	-0,001075522
poiBas	B737800	0,0555	-0,001075736
poiBas	B737800	0,0572	-0,001075954
poiBas	B737800	0,0589	-0,001076162
poiBas	B737800	0,0607	-0,001076373
poiBas	B737800	0,0625	-0,001076573
poiBas	B737800	0,0644	-0,001076773
poiBas	B737800	0,0663	-0,001076961
poiBas	B737800	0,0683	-0,001077146
poiBas	B737800	0,0703	-0,001077318
poiBas	B737800	0,0725	-0,001077492
poiBas	B737800	0,0746	-0,001077642
poiBas	B737800	0,0769	-0,00107779
poiBas	B737800	0,0792	-0,00107792
poiBas	B737800	0,0816	-0,001078036
poiBas	B737800	0,084	-0,001078133
poiBas	B737800	0,0865	-0,001078212
poiBas	B737800	0,0891	-0,001078271
poiBas	B737800	0,0918	-0,001078308
poiBas	B737800	0,0945	-0,001078318
poiBas	B737800	0,0974	-0,0010783
poiBas	B737800	0,1003	-0,001078252

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B737800	0,1033	-0,00107817
poiBas	B737800	0,1064	-0,00107805
poiBas	B737800	0,1096	-0,001077889
poiBas	B737800	0,1129	-0,001077683
poiBas	B737800	0,1163	-0,001077428
poiBas	B737800	0,1198	-0,001077118
poiBas	B737800	0,1234	-0,001076751
poiBas	B737800	0,1271	-0,00107632
poiBas	B737800	0,1309	-0,001075821
poiBas	B737800	0,1348	-0,001075249
poiBas	B737800	0,1388	-0,001074597
poiBas	B737800	0,143	-0,001073843
poiBas	B737800	0,1473	-0,001072994
poiBas	B737800	0,1517	-0,001072044
poiBas	B737800	0,1563	-0,001070962
poiBas	B737800	0,161	-0,001069761
poiBas	B737800	0,1658	-0,001068433
poiBas	B737800	0,1708	-0,00106694
poiBas	B737800	0,1759	-0,001065298
poiBas	B737800	0,1812	-0,001063462
poiBas	B737800	0,1866	-0,001061455
poiBas	B737800	0,1922	-0,001059223
poiBas	B737800	0,198	-0,001056748
poiBas	B737800	0,2039	-0,001054055
poiBas	B737800	0,21	-0,001051082
poiBas	B737800	0,2163	-0,001047803
poiBas	B737800	0,2228	-0,001044195
poiBas	B737800	0,2295	-0,001040229
poiBas	B737800	0,2364	-0,001035876

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B737800	0,2435	-0,001031105
poiBas	B737800	0,2508	-0,001025881
poiBas	B737800	0,2583	-0,001020168
poiBas	B737800	0,266	-0,001013925
poiBas	B737800	0,274	-0,001007022
poiBas	B737800	0,2822	-0,000999488
poiBas	B737800	0,2907	-0,000991171
poiBas	B737800	0,2994	-0,000982103
poiBas	B737800	0,3084	-0,000972105
poiBas	B737800	0,3177	-0,000961088
poiBas	B737800	0,3272	-0,000949081
poiBas	B737800	0,337	-0,000935857
poiBas	B737800	0,3471	-0,000921294
poiBas	B737800	0,3575	-0,000905253
poiBas	B737800	0,3682	-0,000887579
poiBas	B737800	0,3793	-0,000867913
poiBas	B737800	0,3907	-0,000846213
poiBas	B737800	0,4024	-0,000822248
poiBas	B737800	0,4145	-0,000795526
poiBas	B737800	0,4269	-0,000765934
poiBas	B737800	0,4397	-0,000732843
poiBas	B737800	0,4529	-0,000695763
poiBas	B737800	0,4665	-0,000654106
poiBas	B737800	0,4805	-0,000607165
poiSub	B737800	0,01	-0,000923954
poiSub	B737800	0,0103	-0,000923944
poiSub	B737800	0,0106	-0,000923933
poiSub	B737800	0,0109	-0,000923923
poiSub	B737800	0,0113	-0,000923909

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B737800	0,0116	-0,000923898
poiSub	B737800	0,0119	-0,000923888
poiSub	B737800	0,0123	-0,000923874
poiSub	B737800	0,0127	-0,00092386
poiSub	B737800	0,013	-0,000923849
poiSub	B737800	0,0134	-0,000923835
poiSub	B737800	0,0138	-0,000923822
poiSub	B737800	0,0143	-0,000923804
poiSub	B737800	0,0147	-0,00092379
poiSub	B737800	0,0151	-0,000923776
poiSub	B737800	0,0156	-0,000923759
poiSub	B737800	0,016	-0,000923745
poiSub	B737800	0,0165	-0,000923728
poiSub	B737800	0,017	-0,00092371
poiSub	B737800	0,0175	-0,000923693
poiSub	B737800	0,0181	-0,000923672
poiSub	B737800	0,0186	-0,000923655
poiSub	B737800	0,0192	-0,000923634
poiSub	B737800	0,0197	-0,000923617
poiSub	B737800	0,0203	-0,000923596
poiSub	B737800	0,0209	-0,000923575
poiSub	B737800	0,0216	-0,000923551
poiSub	B737800	0,0222	-0,000923531
poiSub	B737800	0,0229	-0,000923507
poiSub	B737800	0,0236	-0,000923483
poiSub	B737800	0,0243	-0,000923459
poiSub	B737800	0,025	-0,000923435
poiSub	B737800	0,0258	-0,000923407
poiSub	B737800	0,0265	-0,000923383

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B737800	0,0273	-0,000923356
poiSub	B737800	0,0281	-0,000923329
poiSub	B737800	0,029	-0,000923298
poiSub	B737800	0,0299	-0,000923268
poiSub	B737800	0,0307	-0,000923241
poiSub	B737800	0,0317	-0,000923207
poiSub	B737800	0,0326	-0,000923176
poiSub	B737800	0,0336	-0,000923143
poiSub	B737800	0,0346	-0,000923109
poiSub	B737800	0,0356	-0,000923076
poiSub	B737800	0,0367	-0,000923039
poiSub	B737800	0,0378	-0,000923002
poiSub	B737800	0,039	-0,000922962
poiSub	B737800	0,0401	-0,000922925
poiSub	B737800	0,0413	-0,000922885
poiSub	B737800	0,0426	-0,000922842
poiSub	B737800	0,0438	-0,000922802
poiSub	B737800	0,0452	-0,000922756
poiSub	B737800	0,0465	-0,000922713
poiSub	B737800	0,0479	-0,000922667
poiSub	B737800	0,0493	-0,000922622
poiSub	B737800	0,0508	-0,000922573
poiSub	B737800	0,0523	-0,000922524
poiSub	B737800	0,0539	-0,000922472
poiSub	B737800	0,0555	-0,00092242
poiSub	B737800	0,0572	-0,000922365
poiSub	B737800	0,0589	-0,00092231
poiSub	B737800	0,0607	-0,000922253
poiSub	B737800	0,0625	-0,000922195

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B737800	0,0644	-0,000922135
poiSub	B737800	0,0663	-0,000922075
poiSub	B737800	0,0683	-0,000922012
poiSub	B737800	0,0703	-0,000921949
poiSub	B737800	0,0725	-0,00092188
poiSub	B737800	0,0746	-0,000921815
poiSub	B737800	0,0769	-0,000921743
poiSub	B737800	0,0792	-0,000921672
poiSub	B737800	0,0816	-0,000921599
poiSub	B737800	0,084	-0,000921526
poiSub	B737800	0,0865	-0,00092145
poiSub	B737800	0,0891	-0,000921371
poiSub	B737800	0,0918	-0,00092129
poiSub	B737800	0,0945	-0,00092121
poiSub	B737800	0,0974	-0,000921124
poiSub	B737800	0,1003	-0,000921039
poiSub	B737800	0,1033	-0,000920951
poiSub	B737800	0,1064	-0,000920862
poiSub	B737800	0,1096	-0,00092077
poiSub	B737800	0,1129	-0,000920676
poiSub	B737800	0,1163	-0,00092058
poiSub	B737800	0,1198	-0,000920482
poiSub	B737800	0,1234	-0,000920382
poiSub	B737800	0,1271	-0,000920281
poiSub	B737800	0,1309	-0,000920177
poiSub	B737800	0,1348	-0,000920073
poiSub	B737800	0,1388	-0,000919967
poiSub	B737800	0,143	-0,000919857
poiSub	B737800	0,1473	-0,000919746

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B737800	0,1517	-0,000919634
poiSub	B737800	0,1563	-0,000919518
poiSub	B737800	0,161	-0,000919402
poiSub	B737800	0,1658	-0,000919285
poiSub	B737800	0,1708	-0,000919166
poiSub	B737800	0,1759	-0,000919047
poiSub	B737800	0,1812	-0,000918925
poiSub	B737800	0,1866	-0,000918804
poiSub	B737800	0,1922	-0,000918682
poiSub	B737800	0,198	-0,000918558
poiSub	B737800	0,2039	-0,000918436
poiSub	B737800	0,21	-0,000918313
poiSub	B737800	0,2163	-0,000918191
poiSub	B737800	0,2228	-0,000918069
poiSub	B737800	0,2295	-0,000917948
poiSub	B737800	0,2364	-0,00091783
poiSub	B737800	0,2435	-0,000917714
poiSub	B737800	0,2508	-0,000917601
poiSub	B737800	0,2583	-0,000917493
poiSub	B737800	0,266	-0,00091739
poiSub	B737800	0,274	-0,000917291
poiSub	B737800	0,2822	-0,000917201
poiSub	B737800	0,2907	-0,000917118
poiSub	B737800	0,2994	-0,000917046
poiSub	B737800	0,3084	-0,000916986
poiSub	B737800	0,3177	-0,00091694
poiSub	B737800	0,3272	-0,000916912
poiSub	B737800	0,337	-0,000916904
poiSub	B737800	0,3471	-0,00091692

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B737800	0,3575	-0,000916965
poiSub	B737800	0,3682	-0,000917045
poiSub	B737800	0,3793	-0,000917169
poiSub	B737800	0,3907	-0,000917345
poiSub	B737800	0,4024	-0,000917586
poiSub	B737800	0,4145	-0,000917912
poiSub	B737800	0,4269	-0,000918345
poiSub	B737800	0,4397	-0,000918927
poiSub	B737800	0,4529	-0,000919721
poiSub	B737800	0,4665	-0,000920847
poiSub	B737800	0,4805	-0,000922557
pressao	B737800	206840	-0,000134841
pressao	B737800	213045,2	-0,000138886
pressao	B737800	219436,556	-0,000143053
pressao	B737800	226019,6527	-0,000147344
pressao	B737800	232800,2423	-0,000151764
pressao	B737800	239784,2495	-0,000156317
pressao	B737800	246977,777	-0,000161007
pressao	B737800	254387,1103	-0,000165837
pressao	B737800	262018,7236	-0,000170813
pressao	B737800	269879,2853	-0,000175937
pressao	B737800	277975,6639	-0,000181215
pressao	B737800	286314,9338	-0,000186651
pressao	B737800	294904,3818	-0,000192251
pressao	B737800	303751,5133	-0,000198019
pressao	B737800	312864,0587	-0,000203959
pressao	B737800	322249,9804	-0,000210078
pressao	B737800	331917,4799	-0,00021638
pressao	B737800	341875,0043	-0,000222871

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B737800	352131,2544	-0,000229557
pressao	B737800	362695,192	-0,000236444
pressao	B737800	373576,0478	-0,000243538
pressao	B737800	384783,3292	-0,000250844
pressao	B737800	396326,8291	-0,000258369
pressao	B737800	408216,634	-0,00026612
pressao	B737800	420463,133	-0,000274104
pressao	B737800	433077,027	-0,000282327
pressao	B737800	446069,3378	-0,000290796
pressao	B737800	459451,4179	-0,00029952
pressao	B737800	473234,9604	-0,000308506
pressao	B737800	487432,0093	-0,000317761
pressao	B737800	502054,9695	-0,000327294
pressao	B737800	517116,6186	-0,000337113
pressao	B737800	532630,1172	-0,000347226
pressao	B737800	548609,0207	-0,000357643
pressao	B737800	565067,2913	-0,000368372
pressao	B737800	582019,3101	-0,000379423
pressao	B737800	599479,8894	-0,000390806
pressao	B737800	617464,286	-0,00040253
pressao	B737800	635988,2146	-0,000414606
pressao	B737800	655067,8611	-0,000427045
pressao	B737800	674719,8969	-0,000439856
pressao	B737800	694961,4938	-0,000453051
pressao	B737800	715810,3386	-0,000466643
pressao	B737800	737284,6488	-0,000480643
pressao	B737800	759403,1882	-0,000495062
pressao	B737800	782185,2839	-0,000509914
pressao	B737800	805650,8424	-0,000525211

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B737800	829820,3677	-0,000540967
pressao	B737800	854714,9787	-0,000557196
pressao	B737800	880356,4281	-0,000573912
pressao	B737800	906767,1209	-0,00059113
pressao	B737800	933970,1345	-0,000608864
pressao	B737800	961989,2386	-0,000627129
pressao	B737800	990848,9157	-0,000645943
pressao	B737800	1020574,383	-0,000665319
pressao	B737800	1051191,615	-0,00068528
pressao	B737800	1082727,363	-0,000705842
pressao	B737800	1115209,184	-0,000727016
pressao	B737800	1148665,46	-0,000748828
pressao	B737800	1183125,423	-0,000771293
pressao	B737800	1218619,186	-0,000794429
pressao	B737800	1255177,762	-0,000818263
pressao	B737800	1292833,095	-0,000842808
pressao	B737800	1331618,087	-0,000868095
pressao	B737800	1371566,63	-0,000894139
pressao	B737800	1412713,629	-0,000920959
pressao	B737800	1455095,038	-0,000948593
pressao	B737800	1498747,889	-0,000977049
pressao	B737800	1543710,326	-0,001006359
pressao	B737800	1590021,635	-0,001036549
pressao	B737800	1637722,284	-0,001067645
pressao	B737800	1686853,953	-0,001099673
pressao	B737800	1737459,571	-0,001132666
pressao	B737800	1789583,359	-0,001166644
pressao	B737800	1843270,859	-0,001201645
espRev	B767300	0,075	-0,002404962

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B767300	0,0772	-0,002381054
espRev	B767300	0,0796	-0,002355162
espRev	B767300	0,082	-0,002329479
espRev	B767300	0,0844	-0,00230402
espRev	B767300	0,0869	-0,002277748
espRev	B767300	0,0896	-0,002249673
espRev	B767300	0,0922	-0,002222936
espRev	B767300	0,095	-0,002194487
espRev	B767300	0,0979	-0,002165408
espRev	B767300	0,1008	-0,002136726
espRev	B767300	0,1038	-0,002107485
espRev	B767300	0,1069	-0,002077734
espRev	B767300	0,1101	-0,002047523
espRev	B767300	0,1134	-0,002016903
espRev	B767300	0,1168	-0,001985924
espRev	B767300	0,1204	-0,001953753
espRev	B767300	0,124	-0,001922226
espRev	B767300	0,1277	-0,001863104
espRev	B767300	0,1315	-0,001830708
espRev	B767300	0,1355	-0,0017974
espRev	B767300	0,1395	-0,001764889
espRev	B767300	0,1437	-0,001731592
espRev	B767300	0,148	-0,001698373
espRev	B767300	0,1525	-0,001664531
espRev	B767300	0,157	-0,001631605
espRev	B767300	0,1617	-0,001598168
espRev	B767300	0,1666	-0,001564313
espRev	B767300	0,1716	-0,001530792
espRev	B767300	0,1767	-0,001487981

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B767300	0,182	-0,001454766
espRev	B767300	0,1875	-0,001421424
espRev	B767300	0,1931	-0,001388616
espRev	B767300	0,1989	-0,0013558
espRev	B767300	0,2049	-0,001323052
espRev	B767300	0,211	-0,00129096
espRev	B767300	0,2174	-0,001258538
espRev	B767300	0,2239	-0,001226863
espRev	B767300	0,2306	-0,001193635
espRev	B767300	0,2375	-0,001162672
espRev	B767300	0,2447	-0,001131685
espRev	B767300	0,252	-0,001101582
espRev	B767300	0,2596	-0,001071579
espRev	B767300	0,2673	-0,001042505
espRev	B767300	0,2754	-0,001010684
espRev	B767300	0,2836	-0,00098251
espRev	B767300	0,2921	-0,000954666
espRev	B767300	0,3009	-0,000927219
espRev	B767300	0,3099	-0,000900518
espRev	B767300	0,3192	-0,000874296
espRev	B767300	0,3288	-0,00084904
espRev	B767300	0,3387	-0,00082399
espRev	B767300	0,3488	-0,000799772
espRev	B767300	0,3593	-0,000775936
espRev	B767300	0,3701	-0,000752748
espRev	B767300	0,3812	-0,000729276
espRev	B767300	0,3926	-0,000707437
espRev	B767300	0,4044	-0,000686105
espRev	B767300	0,4165	-0,000665477

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B767300	0,429	-0,000645958
espRev	B767300	0,4419	-0,000626489
espRev	B767300	0,4551	-0,000607738
espRev	B767300	0,4688	-0,000589431
espRev	B767300	0,4828	-0,000571404
espRev	B767300	0,4973	-0,000554275
espRev	B767300	0,5122	-0,000537738
espBas	B767300	0,075	-0,003713432
espBas	B767300	0,0772	-0,003703915
espBas	B767300	0,0796	-0,003693487
espBas	B767300	0,082	-0,003683029
espBas	B767300	0,0844	-0,003672538
espBas	B767300	0,0869	-0,003661584
espBas	B767300	0,0896	-0,003649728
espBas	B767300	0,0922	-0,003638299
espBas	B767300	0,095	-0,003625979
espBas	B767300	0,0979	-0,003613217
espBas	B767300	0,1008	-0,00360045
espBas	B767300	0,1038	-0,003587254
espBas	B767300	0,1069	-0,003573637
espBas	B767300	0,1101	-0,003559597
espBas	B767300	0,1134	-0,003545154
espBas	B767300	0,1168	-0,003530307
espBas	B767300	0,1204	-0,003514642
espBas	B767300	0,124	-0,003499028
espBas	B767300	0,1277	-0,00348305
espBas	B767300	0,1315	-0,003466717
espBas	B767300	0,1355	-0,00344961
espBas	B767300	0,1395	-0,003432599

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B767300	0,1437	-0,003414845
espBas	B767300	0,148	-0,003396787
espBas	B767300	0,1525	-0,003169184
espBas	B767300	0,157	-0,003140402
espBas	B767300	0,1617	-0,003110513
espBas	B767300	0,1666	-0,003079543
espBas	B767300	0,1716	-0,003048154
espBas	B767300	0,1767	-0,003016373
espBas	B767300	0,182	-0,002983612
espBas	B767300	0,1875	-0,002949902
espBas	B767300	0,1931	-0,002915894
espBas	B767300	0,1989	-0,002881013
espBas	B767300	0,2049	-0,002845301
espBas	B767300	0,211	-0,002809394
espBas	B767300	0,2174	-0,002772152
espBas	B767300	0,2239	-0,002734791
espBas	B767300	0,2306	-0,002696768
espBas	B767300	0,2375	-0,002658134
espBas	B767300	0,2447	-0,002618383
espBas	B767300	0,252	-0,002413564
espBas	B767300	0,2596	-0,002368792
espBas	B767300	0,2673	-0,002324276
espBas	B767300	0,2754	-0,002278364
espBas	B767300	0,2836	-0,002232831
espBas	B767300	0,2921	-0,002186635
espBas	B767300	0,3009	-0,002139864
espBas	B767300	0,3099	-0,002093126
espBas	B767300	0,3192	-0,002045979
espBas	B767300	0,3288	-0,001998515

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B767300	0,3387	-0,001950821
espBas	B767300	0,3488	-0,001903452
espBas	B767300	0,3593	-0,001787787
espBas	B767300	0,3701	-0,001740617
espBas	B767300	0,3812	-0,001693729
espBas	B767300	0,3926	-0,001647205
espBas	B767300	0,4044	-0,00160073
espBas	B767300	0,4165	-0,001554792
espBas	B767300	0,429	-0,0015091
espBas	B767300	0,4419	-0,001463752
espBas	B767300	0,4551	-0,001384786
espBas	B767300	0,4688	-0,001341145
espBas	B767300	0,4828	-0,001298446
espBas	B767300	0,4973	-0,001256153
espBas	B767300	0,5122	-0,00121464
espBas	B767300	0,5276	-0,001173711
espBas	B767300	0,5434	-0,001133699
espBas	B767300	0,5597	-0,001076804
espBas	B767300	0,5765	-0,001038683
espBas	B767300	0,5938	-0,001001441
espBas	B767300	0,6117	-0,000964937
espBas	B767300	0,63	-0,000929628
espBas	B767300	0,6489	-0,000895167
espBas	B767300	0,6684	-0,000849032
espBas	B767300	0,6884	-0,000817073
espBas	B767300	0,7091	-0,000785973
espBas	B767300	0,7303	-0,000756072
espBas	B767300	0,7523	-0,000721561
espBas	B767300	0,7748	-0,000693972

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B767300	0,7981	-0,000667285
espBas	B767300	0,822	-0,000641755
espBas	B767300	0,8467	-0,000617187
espBas	B767300	0,8721	-0,000588079
espBas	B767300	0,8982	-0,000565934
espBas	B767300	0,9252	-0,000544714
espBas	B767300	0,9529	-0,000523054
espBas	B767300	0,9815	-0,000504007
espBas	B767300	1,011	-0,000485891
espBas	B767300	1,0413	-0,000468753
espBas	B767300	1,0725	-0,000449665
espBas	B767300	1,1047	-0,000434378
espBas	B767300	1,1379	-0,000419904
elasRev	B767300	517110000	-0,002349825
elasRev	B767300	532623300	-0,002344815
elasRev	B767300	548601999	-0,002339776
elasRev	B767300	565060059	-0,002334706
elasRev	B767300	582011860,7	-0,002329606
elasRev	B767300	599472216,6	-0,002324474
elasRev	B767300	617456383,1	-0,00231931
elasRev	B767300	635980074,6	-0,002314112
elasRev	B767300	655059476,8	-0,002308881
elasRev	B767300	674711261,1	-0,002303616
elasRev	B767300	694952598,9	-0,002298315
elasRev	B767300	715801176,9	-0,002292978
elasRev	B767300	737275212,2	-0,002287603
elasRev	B767300	759393468,6	-0,002282191
elasRev	B767300	782175272,6	-0,002276739
elasRev	B767300	805640530,8	-0,002271247

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B767300	829809746,7	-0,002265714
elasRev	B767300	854704039,1	-0,00226014
elasRev	B767300	880345160,3	-0,002254522
elasRev	B767300	906755515,1	-0,002248859
elasRev	B767300	933958180,6	-0,002243152
elasRev	B767300	961976926	-0,002237398
elasRev	B767300	990836233,8	-0,002231597
elasRev	B767300	1020561321	-0,002225748
elasRev	B767300	1051178160	-0,002219848
elasRev	B767300	1082713505	-0,002213899
elasRev	B767300	1115194910	-0,002207897
elasRev	B767300	1148650758	-0,002201842
elasRev	B767300	1183110280	-0,002195733
elasRev	B767300	1218603589	-0,00218957
elasRev	B767300	1255161696	-0,002183349
elasRev	B767300	1292816547	-0,002177071
elasRev	B767300	1331601044	-0,002170736
elasRev	B767300	1371549075	-0,00216434
elasRev	B767300	1412695547	-0,002157884
elasRev	B767300	1455076414	-0,002151367
elasRev	B767300	1498728706	-0,002144788
elasRev	B767300	1543690567	-0,002138145
elasRev	B767300	1590001284	-0,002131438
elasRev	B767300	1637701323	-0,002124666
elasRev	B767300	1686832363	-0,002117827
elasRev	B767300	1737437334	-0,002110921
elasRev	B767300	1789560454	-0,002103947
elasRev	B767300	1843247267	-0,002096904
elasRev	B767300	1898544685	-0,002089794

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B767300	1955501026	-0,002082611
elasRev	B767300	2014166056	-0,002075358
elasRev	B767300	2074591038	-0,002068034
elasRev	B767300	2136828769	-0,002060637
elasRev	B767300	2200933632	-0,002053168
elasRev	B767300	2266961641	-0,002045625
elasRev	B767300	2334970491	-0,002038009
elasRev	B767300	2405019605	-0,002030318
elasRev	B767300	2477170193	-0,002022552
elasRev	B767300	2551485299	-0,002014712
elasRev	B767300	2628029858	-0,002006796
elasRev	B767300	2706870754	-0,001998805
elasRev	B767300	2788076877	-0,001990738
elasRev	B767300	2871719183	-0,001982594
elasRev	B767300	2957870758	-0,001974375
elasRev	B767300	3046606881	-0,001966079
elasRev	B767300	3138005088	-0,001957707
elasRev	B767300	3232145240	-0,001949258
elasRev	B767300	3329109597	-0,001940734
elasRev	B767300	3428982885	-0,001932133
elasRev	B767300	3531852372	-0,001923456
elasRev	B767300	3637807943	-0,001914702
elasRev	B767300	3746942181	-0,001905874
elasRev	B767300	3859350447	-0,001896969
elasRev	B767300	3975130960	-0,00188799
elasRev	B767300	4094384889	-0,001878936
elasRev	B767300	4217216436	-0,001869807
elasRev	B767300	4343732929	-0,001860604
elasRev	B767300	4474044917	-0,001851328

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B767300	4608266264	-0,001841978
elasRev	B767300	4746514252	-0,001832557
elasRev	B767300	4888909680	-0,001823063
elasRev	B767300	5035576970	-0,001813498
elasRev	B767300	5186644279	-0,001803864
elasRev	B767300	5342243607	-0,001794158
elasRev	B767300	5502510916	-0,001784384
elasRev	B767300	5667586243	-0,001774541
elasRev	B767300	5837613830	-0,001764631
elasRev	B767300	6012742245	-0,001754654
elasRev	B767300	6193124513	-0,001744611
elasRev	B767300	6378918248	-0,001734504
elasRev	B767300	6570285795	-0,001724332
elasRev	B767300	6767394369	-0,001714098
elasRev	B767300	6970416200	-0,001703801
elasRev	B767300	7179528686	-0,001693444
elasRev	B767300	7394914547	-0,001683027
elasRev	B767300	7616761983	-0,001672551
elasRev	B767300	7845264843	-0,001662018
elasRev	B767300	8080622788	-0,001651427
elasRev	B767300	8323041472	-0,001640782
elasRev	B767300	8572732716	-0,001630083
elasRev	B767300	8829914698	-0,001619331
elasRev	B767300	9094812138	-0,001608527
elasRev	B767300	9367656503	-0,001597673
elasRev	B767300	9648686198	-0,00158677
elasRev	B767300	9938146784	-0,00157582
elasRev	B767300	10236291187	-0,001564823
elasRev	B767300	10543379923	-0,001553781

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B767300	10859681320	-0,001542696
elasRev	B767300	11185471760	-0,001531569
elasRev	B767300	11521035913	-0,001520404
elasRev	B767300	11866666990	-0,001509196
elasRev	B767300	12222667000	-0,001497953
elasRev	B767300	12589347010	-0,001486676
elasRev	B767300	12967027420	-0,001475361
elasRev	B767300	13356038243	-0,001464015
elasRev	B767300	13756719390	-0,001452638
elasRev	B767300	14169420972	-0,001441231
elasRev	B767300	14594503601	-0,001429796
elasRev	B767300	15032338709	-0,001418336
elasRev	B767300	15483308870	-0,001406851
elasRev	B767300	15947808136	-0,001395343
elasRev	B767300	16426242381	-0,001383816
elasRev	B767300	16919029652	-0,001372269
elasRev	B767300	17426600541	-0,001360704
elasRev	B767300	17949398558	-0,001349124
elasRev	B767300	18487880514	-0,00133753
elasRev	B767300	19042516930	-0,001325926
elasRev	B767300	19613792438	-0,00131431
elasRev	B767300	20202206211	-0,001302688
elasRev	B767300	20808272397	-0,001291058
elasRev	B767300	21432520569	-0,001279426
elasRev	B767300	22075496186	-0,001267791
elasRev	B767300	22737761072	-0,001256155
elasRev	B767300	23419893904	-0,001244522
elasRev	B767300	24122490721	-0,001232892
elasRev	B767300	24846165443	-0,001221268

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B767300	25591550406	-0,001209651
elasRev	B767300	26359296918	-0,001198045
elasRev	B767300	27150075826	-0,00118645
elasRev	B767300	27964578101	-0,001174869
elasRev	B767300	28803515444	-0,001163304
elasRev	B767300	29667620907	-0,001151756
elasRev	B767300	30557649534	-0,001140228
elasRev	B767300	31474379020	-0,001128721
elasRev	B767300	32418610391	-0,001117238
elasRev	B767300	33391168702	-0,001105781
elasRev	B767300	34392903763	-0,001094352
elasRev	B767300	35424690876	-0,001082952
elasRev	B767300	36487431603	-0,001071584
elasRev	B767300	37582054551	-0,001060248
elasRev	B767300	38709516187	-0,00104895
elasRev	B767300	39870801673	-0,001037688
elasRev	B767300	41066925723	-0,001026465
elasBas	B767300	206840000	-0,002526074
elasBas	B767300	213045200	-0,002462549
elasBas	B767300	219436556	-0,002400552
elasBas	B767300	226019652,7	-0,002340066
elasBas	B767300	232800242,3	-0,002281055
elasBas	B767300	239784249,5	-0,002223478
elasBas	B767300	246977777	-0,002167307
elasBas	B767300	254387110,3	-0,002112519
elasBas	B767300	262018723,6	-0,002059074
elasBas	B767300	269879285,3	-0,002006954
elasBas	B767300	277975663,9	-0,001956115
elasBas	B767300	286314933,8	-0,001906544

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	294904381,8	-0,001858205
elasBas	B767300	303751513,3	-0,001811065
elasBas	B767300	312864058,7	-0,001765111
elasBas	B767300	322249980,5	-0,001720306
elasBas	B767300	331917479,9	-0,001676628
elasBas	B767300	341875004,3	-0,001634046
elasBas	B767300	352131254,4	-0,001592542
elasBas	B767300	362695192	-0,001552087
elasBas	B767300	373576047,8	-0,001512658
elasBas	B767300	384783329,2	-0,001474231
elasBas	B767300	396326829,1	-0,001436781
elasBas	B767300	408216634	-0,001400288
elasBas	B767300	420463133	-0,001364729
elasBas	B767300	433077027	-0,001330079
elasBas	B767300	446069337,8	-0,00129632
elasBas	B767300	459451417,9	-0,001263428
elasBas	B767300	473234960,5	-0,001231381
elasBas	B767300	487432009,3	-0,001200162
elasBas	B767300	502054969,5	-0,001169749
elasBas	B767300	517116618,6	-0,001140122
elasBas	B767300	532630117,2	-0,001111264
elasBas	B767300	548609020,7	-0,001083154
elasBas	B767300	565067291,3	-0,001055773
elasBas	B767300	582019310,1	-0,001029104
elasBas	B767300	599479889,4	-0,001003128
elasBas	B767300	617464286	-0,00097783
elasBas	B767300	635988214,6	-0,00095319
elasBas	B767300	655067861,1	-0,000929193
elasBas	B767300	674719896,9	-0,000905822

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	694961493,8	-0,000883062
elasBas	B767300	715810338,6	-0,000860896
elasBas	B767300	737284648,8	-0,000839309
elasBas	B767300	759403188,2	-0,000818287
elasBas	B767300	782185283,9	-0,000797814
elasBas	B767300	805650842,4	-0,000777876
elasBas	B767300	829820367,7	-0,00075846
elasBas	B767300	854714978,7	-0,000739551
elasBas	B767300	880356428,1	-0,000721137
elasBas	B767300	906767120,9	-0,000703203
elasBas	B767300	933970134,5	-0,000685738
elasBas	B767300	961989238,6	-0,000668729
elasBas	B767300	990848915,7	-0,000652163
elasBas	B767300	1020574383	-0,000636032
elasBas	B767300	1051191615	-0,000620317
elasBas	B767300	1082727363	-0,000605011
elasBas	B767300	1115209184	-0,000590105
elasBas	B767300	1148665460	-0,000575585
elasBas	B767300	1183125423	-0,000561442
elasBas	B767300	1218619186	-0,000547668
elasBas	B767300	1255177762	-0,000534248
elasBas	B767300	1292833094	-0,000521177
elasBas	B767300	1331618087	-0,00050844
elasBas	B767300	1371566630	-0,000496033
elasBas	B767300	1412713629	-0,000483947
elasBas	B767300	1455095038	-0,000472167
elasBas	B767300	1498747889	-0,000460692
elasBas	B767300	1543710325	-0,000449511
elasBas	B767300	1590021635	-0,000438615

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	1637722284	-0,000427996
elasBas	B767300	1686853953	-0,000417647
elasBas	B767300	1737459571	-0,00040756
elasBas	B767300	1789583359	-0,00039773
elasBas	B767300	1843270859	-0,000388147
elasBas	B767300	1898568985	-0,000378805
elasBas	B767300	1955526055	-0,000369699
elasBas	B767300	2014191836	-0,000360822
elasBas	B767300	2074617591	-0,000352165
elasBas	B767300	2136856119	-0,000343725
elasBas	B767300	2200961803	-0,000335496
elasBas	B767300	2266990657	-0,00032747
elasBas	B767300	2335000376	-0,000319643
elasBas	B767300	2405050388	-0,00031201
elasBas	B767300	2477201899	-0,000304564
elasBas	B767300	2551517956	-0,000297301
elasBas	B767300	2628063495	-0,000290217
elasBas	B767300	2706905400	-0,000283304
elasBas	B767300	2788112562	-0,000276561
elasBas	B767300	2871755939	-0,000269981
elasBas	B767300	2957908617	-0,000263561
elasBas	B767300	3046645875	-0,000257295
elasBas	B767300	3138045252	-0,000251181
elasBas	B767300	3232186609	-0,000245213
elasBas	B767300	3329152208	-0,000239389
elasBas	B767300	3429026774	-0,000233704
elasBas	B767300	3531897577	-0,000228154
elasBas	B767300	3637854504	-0,000222736
elasBas	B767300	3746990139	-0,000217447

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	3859399844	-0,000212283
elasBas	B767300	3975181839	-0,00020724
elasBas	B767300	4094437294	-0,000202316
elasBas	B767300	4217270413	-0,000197509
elasBas	B767300	4343788525	-0,000192813
elasBas	B767300	4474102181	-0,000188228
elasBas	B767300	4608325246	-0,000183749
elasBas	B767300	4746575004	-0,000179375
elasBas	B767300	4888972254	-0,000175103
elasBas	B767300	5035641422	-0,000170929
elasBas	B767300	5186710664	-0,000166852
elasBas	B767300	5342311984	-0,00016287
elasBas	B767300	5502581344	-0,00015898
elasBas	B767300	5667658784	-0,000155179
elasBas	B767300	5837688548	-0,000151466
elasBas	B767300	6012819204	-0,000147838
elasBas	B767300	6193203780	-0,000144293
elasBas	B767300	6378999894	-0,00014083
elasBas	B767300	6570369890	-0,000137446
elasBas	B767300	6767480987	-0,00013414
elasBas	B767300	6970505417	-0,00013091
elasBas	B767300	7179620579	-0,000127753
elasBas	B767300	7395009197	-0,000124669
elasBas	B767300	7616859472	-0,000121655
elasBas	B767300	7845365257	-0,00011871
elasBas	B767300	8080726214	-0,000115832
elasBas	B767300	8323148001	-0,00011302
elasBas	B767300	8572842441	-0,000110273
elasBas	B767300	8830027714	-0,000107588

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	9094928545	-0,000104965
elasBas	B767300	9367776402	-0,000102401
elasBas	B767300	9648809694	-9,98966E-05
elasBas	B767300	9938273985	-9,74494E-05
elasBas	B767300	10236422204	-9,50583E-05
elasBas	B767300	10543514870	-9,27219E-05
elasBas	B767300	10859820316	-9,04392E-05
elasBas	B767300	11185614926	-8,8209E-05
elasBas	B767300	11521183374	-8,60299E-05
elasBas	B767300	11866818875	-8,39014E-05
elasBas	B767300	12222823441	-8,18218E-05
elasBas	B767300	12589508144	-7,97901E-05
elasBas	B767300	12967193389	-7,78055E-05
elasBas	B767300	13356209190	-7,58669E-05
elasBas	B767300	13756895466	-7,39732E-05
elasBas	B767300	14169602330	-7,21236E-05
elasBas	B767300	14594690400	-7,0317E-05
elasBas	B767300	15032531112	-6,85527E-05
elasBas	B767300	15483507045	-6,68294E-05
elasBas	B767300	15948012257	-6,51465E-05
elasBas	B767300	16426452624	-6,35029E-05
elasBas	B767300	16919246203	-6,18983E-05
elasBas	B767300	17426823589	-6,03312E-05
elasBas	B767300	17949628297	-5,88011E-05
elasBas	B767300	18488117146	-5,73071E-05
elasBas	B767300	19042760660	-5,58484E-05
elasBas	B767300	19614043480	-5,44246E-05
elasBas	B767300	20202464784	-5,30343E-05
elasBas	B767300	20808538728	-5,16775E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B767300	21432794890	-5,03529E-05
elasBas	B767300	22075778736	-4,906E-05
elasBas	B767300	22738052098	-4,77982E-05
elasBas	B767300	23420193661	-4,65668E-05
elasBas	B767300	24122799471	-4,5365E-05
elasBas	B767300	24846483455	-4,41922E-05
elasBas	B767300	25591877959	-4,30478E-05
elasBas	B767300	26359634298	-4,19313E-05
elasBas	B767300	27150423327	-4,08418E-05
elasBas	B767300	27964936027	-3,97789E-05
elasBas	B767300	28803884107	-3,87419E-05
elasBas	B767300	29668000631	-3,77304E-05
elasBas	B767300	30558040649	-3,67437E-05
elasBas	B767300	31474781869	-3,57812E-05
elasBas	B767300	32419025325	-3,48426E-05
elasBas	B767300	33391596085	-3,3927E-05
elasBas	B767300	34393343967	-3,30342E-05
elasBas	B767300	35425144286	-3,21635E-05
elasSub	B767300	50000000	-0,002255309
elasSub	B767300	51500000	-0,002252298
elasSub	B767300	53045000	-0,002249319
elasSub	B767300	54636350	-0,002246371
elasSub	B767300	56275440,5	-0,002243455
elasSub	B767300	57963703,72	-0,002240571
elasSub	B767300	59702614,83	-0,002237719
elasSub	B767300	61493693,27	-0,002234899
elasSub	B767300	63338504,07	-0,002232111
elasSub	B767300	65238659,19	-0,002229355
elasSub	B767300	67195818,97	-0,002226632

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasSub	B767300	69211693,54	-0,00222394
elasSub	B767300	71288044,34	-0,002221279
elasSub	B767300	73426685,67	-0,00221865
elasSub	B767300	75629486,24	-0,002216053
elasSub	B767300	77898370,83	-0,002213486
elasSub	B767300	80235321,95	-0,002210949
elasSub	B767300	82642381,61	-0,002208443
elasSub	B767300	85121653,06	-0,002205966
elasSub	B767300	87675302,65	-0,002203519
elasSub	B767300	90305561,73	-0,0022011
elasSub	B767300	93014728,59	-0,00219871
elasSub	B767300	95805170,44	-0,002196347
elasSub	B767300	98679325,56	-0,002194011
elasSub	B767300	101639705,3	-0,002191701
elasSub	B767300	104688896,5	-0,002189418
elasSub	B767300	107829563,4	-0,002187159
elasSub	B767300	111064450,3	-0,002184926
elasSub	B767300	114396383,8	-0,002182716
elasSub	B767300	117828275,3	-0,002180529
elasSub	B767300	121363123,6	-0,002178364
poiRev	B767300	0,15	-0,002180005
poiRev	B767300	0,1545	-0,002179177
poiRev	B767300	0,1591	-0,002178316
poiRev	B767300	0,1639	-0,002177402
poiRev	B767300	0,1688	-0,002176452
poiRev	B767300	0,1739	-0,002175446
poiRev	B767300	0,1791	-0,002174401
poiRev	B767300	0,1845	-0,002173297
poiRev	B767300	0,19	-0,00217215

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiRev	B767300	0,1957	-0,00217094
poiRev	B767300	0,2016	-0,002169663
poiRev	B767300	0,2076	-0,002168339
poiRev	B767300	0,2139	-0,002166921
poiRev	B767300	0,2203	-0,002165451
poiRev	B767300	0,2269	-0,002163904
poiRev	B767300	0,2337	-0,002162277
poiRev	B767300	0,2407	-0,002160567
poiRev	B767300	0,2479	-0,00215877
poiRev	B767300	0,2554	-0,002156857
poiRev	B767300	0,263	-0,002154876
poiRev	B767300	0,2709	-0,00215277
poiRev	B767300	0,279	-0,002150562
poiRev	B767300	0,2874	-0,002148218
poiRev	B767300	0,296	-0,002145761
poiRev	B767300	0,3049	-0,002143157
poiRev	B767300	0,3141	-0,002140399
poiRev	B767300	0,3235	-0,00213751
poiRev	B767300	0,3332	-0,002134453
poiRev	B767300	0,3432	-0,002131219
poiRev	B767300	0,3535	-0,0021278
poiRev	B767300	0,3641	-0,002124185
poiRev	B767300	0,375	-0,002120365
poiRev	B767300	0,3863	-0,002116292
poiRev	B767300	0,3979	-0,002111988
poiRev	B767300	0,4098	-0,002107441
poiRev	B767300	0,4221	-0,002102598
poiRev	B767300	0,4347	-0,002097481
poiRev	B767300	0,4478	-0,002091988

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiRev	B767300	0,4612	-0,002086181
poiRev	B767300	0,4751	-0,002079948
poiRev	B767300	0,4893	-0,002073354
poiBas	B767300	0,01	-0,001879325
poiBas	B767300	0,0103	-0,001879755
poiBas	B767300	0,0106	-0,001880185
poiBas	B767300	0,0109	-0,001880615
poiBas	B767300	0,0113	-0,001881187
poiBas	B767300	0,0116	-0,001881616
poiBas	B767300	0,0119	-0,001882045
poiBas	B767300	0,0123	-0,001882617
poiBas	B767300	0,0127	-0,001883188
poiBas	B767300	0,013	-0,001883616
poiBas	B767300	0,0134	-0,001884187
poiBas	B767300	0,0138	-0,001884757
poiBas	B767300	0,0143	-0,001885469
poiBas	B767300	0,0147	-0,001886038
poiBas	B767300	0,0151	-0,001886607
poiBas	B767300	0,0156	-0,001887317
poiBas	B767300	0,016	-0,001887885
poiBas	B767300	0,0165	-0,001888594
poiBas	B767300	0,017	-0,001889303
poiBas	B767300	0,0175	-0,001890011
poiBas	B767300	0,0181	-0,00189086
poiBas	B767300	0,0186	-0,001891567
poiBas	B767300	0,0192	-0,001892414
poiBas	B767300	0,0197	-0,001893119
poiBas	B767300	0,0203	-0,001893964
poiBas	B767300	0,0209	-0,001894809

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B767300	0,0216	-0,001895793
poiBas	B767300	0,0222	-0,001896636
poiBas	B767300	0,0229	-0,001897617
poiBas	B767300	0,0236	-0,001898598
poiBas	B767300	0,0243	-0,001899577
poiBas	B767300	0,025	-0,001900555
poiBas	B767300	0,0258	-0,001901671
poiBas	B767300	0,0265	-0,001902647
poiBas	B767300	0,0273	-0,00190376
poiBas	B767300	0,0281	-0,001904871
poiBas	B767300	0,029	-0,001906119
poiBas	B767300	0,0299	-0,001907365
poiBas	B767300	0,0307	-0,001908471
poiBas	B767300	0,0317	-0,001909851
poiBas	B767300	0,0326	-0,001911091
poiBas	B767300	0,0336	-0,001912466
poiBas	B767300	0,0346	-0,001913838
poiBas	B767300	0,0356	-0,001915208
poiBas	B767300	0,0367	-0,001916712
poiBas	B767300	0,0378	-0,001918212
poiBas	B767300	0,039	-0,001919845
poiBas	B767300	0,0401	-0,001921338
poiBas	B767300	0,0413	-0,001922964
poiBas	B767300	0,0426	-0,00192472
poiBas	B767300	0,0438	-0,001926338
poiBas	B767300	0,0452	-0,00192822
poiBas	B767300	0,0465	-0,001929962
poiBas	B767300	0,0479	-0,001931834
poiBas	B767300	0,0493	-0,0019337

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B767300	0,0508	-0,001935693
poiBas	B767300	0,0523	-0,00193768
poiBas	B767300	0,0539	-0,001939792
poiBas	B767300	0,0555	-0,001941897
poiBas	B767300	0,0572	-0,001944126
poiBas	B767300	0,0589	-0,001946346
poiBas	B767300	0,0607	-0,001948688
poiBas	B767300	0,0625	-0,00195102
poiBas	B767300	0,0644	-0,001953472
poiBas	B767300	0,0663	-0,001955913
poiBas	B767300	0,0683	-0,001958472
poiBas	B767300	0,0703	-0,001961018
poiBas	B767300	0,0725	-0,001963805
poiBas	B767300	0,0746	-0,001966452
poiBas	B767300	0,0769	-0,001969335
poiBas	B767300	0,0792	-0,001972203
poiBas	B767300	0,0816	-0,001975177
poiBas	B767300	0,084	-0,001978134
poiBas	B767300	0,0865	-0,001981195
poiBas	B767300	0,0891	-0,001984357
poiBas	B767300	0,0918	-0,001987618
poiBas	B767300	0,0945	-0,001990856
poiBas	B767300	0,0974	-0,001994307
poiBas	B767300	0,1003	-0,001997731
poiBas	B767300	0,1033	-0,002001243
poiBas	B767300	0,1064	-0,002004841
poiBas	B767300	0,1096	-0,00200852
poiBas	B767300	0,1129	-0,002012278
poiBas	B767300	0,1163	-0,002016111

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B767300	0,1198	-0,002020014
poiBas	B767300	0,1234	-0,002023983
poiBas	B767300	0,1271	-0,002028013
poiBas	B767300	0,1309	-0,002032101
poiBas	B767300	0,1348	-0,002036241
poiBas	B767300	0,1388	-0,002040428
poiBas	B767300	0,143	-0,002044759
poiBas	B767300	0,1473	-0,002049122
poiBas	B767300	0,1517	-0,002053512
poiBas	B767300	0,1563	-0,002058019
poiBas	B767300	0,161	-0,002062535
poiBas	B767300	0,1658	-0,002067053
poiBas	B767300	0,1708	-0,002071657
poiBas	B767300	0,1759	-0,002076242
poiBas	B767300	0,1812	-0,002080886
poiBas	B767300	0,1866	-0,002085488
poiBas	B767300	0,1922	-0,002090121
poiBas	B767300	0,198	-0,002094764
poiBas	B767300	0,2039	-0,002099323
poiBas	B767300	0,21	-0,002103857
poiBas	B767300	0,2163	-0,002108344
poiBas	B767300	0,2228	-0,002112759
poiBas	B767300	0,2295	-0,002117075
poiBas	B767300	0,2364	-0,002121264
poiBas	B767300	0,2435	-0,002125295
poiBas	B767300	0,2508	-0,002129136
poiBas	B767300	0,2583	-0,002132749
poiBas	B767300	0,266	-0,002136097
poiBas	B767300	0,274	-0,002139172

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B767300	0,2822	-0,002141883
poiBas	B767300	0,2907	-0,002144201
poiBas	B767300	0,2994	-0,002146036
poiBas	B767300	0,3084	-0,002147335
poiBas	B767300	0,3177	-0,00214801
poiBas	B767300	0,3272	-0,002147964
poiBas	B767300	0,337	-0,0021471
poiBas	B767300	0,3471	-0,002145295
poiBas	B767300	0,3575	-0,002142414
poiBas	B767300	0,3682	-0,002138304
poiBas	B767300	0,3793	-0,002132736
poiBas	B767300	0,3907	-0,002125545
poiBas	B767300	0,4024	-0,002116507
poiBas	B767300	0,4145	-0,002105264
poiBas	B767300	0,4269	-0,002091589
poiBas	B767300	0,4397	-0,002074997
poiBas	B767300	0,4529	-0,002055024
poiBas	B767300	0,4665	-0,00203112
poiBas	B767300	0,4805	-0,002002637
poiSub	B767300	0,01	-0,001968214
poiSub	B767300	0,0103	-0,001968314
poiSub	B767300	0,0106	-0,001968413
poiSub	B767300	0,0109	-0,001968513
poiSub	B767300	0,0113	-0,001968646
poiSub	B767300	0,0116	-0,001968746
poiSub	B767300	0,0119	-0,001968846
poiSub	B767300	0,0123	-0,001968979
poiSub	B767300	0,0127	-0,001969113
poiSub	B767300	0,013	-0,001969213

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B767300	0,0134	-0,001969347
poiSub	B767300	0,0138	-0,00196948
poiSub	B767300	0,0143	-0,001969648
poiSub	B767300	0,0147	-0,001969782
poiSub	B767300	0,0151	-0,001969916
poiSub	B767300	0,0156	-0,001970084
poiSub	B767300	0,016	-0,001970218
poiSub	B767300	0,0165	-0,001970386
poiSub	B767300	0,017	-0,001970555
poiSub	B767300	0,0175	-0,001970723
poiSub	B767300	0,0181	-0,001970926
poiSub	B767300	0,0186	-0,001971095
poiSub	B767300	0,0192	-0,001971298
poiSub	B767300	0,0197	-0,001971467
poiSub	B767300	0,0203	-0,00197167
poiSub	B767300	0,0209	-0,001971874
poiSub	B767300	0,0216	-0,001972112
poiSub	B767300	0,0222	-0,001972316
poiSub	B767300	0,0229	-0,001972555
poiSub	B767300	0,0236	-0,001972794
poiSub	B767300	0,0243	-0,001973034
poiSub	B767300	0,025	-0,001973273
poiSub	B767300	0,0258	-0,001973548
poiSub	B767300	0,0265	-0,001973788
poiSub	B767300	0,0273	-0,001974064
poiSub	B767300	0,0281	-0,00197434
poiSub	B767300	0,029	-0,00197465
poiSub	B767300	0,0299	-0,001974962
poiSub	B767300	0,0307	-0,001975239

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B767300	0,0317	-0,001975587
poiSub	B767300	0,0326	-0,0019759
poiSub	B767300	0,0336	-0,001976249
poiSub	B767300	0,0346	-0,001976599
poiSub	B767300	0,0356	-0,001976949
poiSub	B767300	0,0367	-0,001977336
poiSub	B767300	0,0378	-0,001977723
poiSub	B767300	0,039	-0,001978146
poiSub	B767300	0,0401	-0,001978536
poiSub	B767300	0,0413	-0,001978961
poiSub	B767300	0,0426	-0,001979424
poiSub	B767300	0,0438	-0,001979852
poiSub	B767300	0,0452	-0,001980353
poiSub	B767300	0,0465	-0,001980819
poiSub	B767300	0,0479	-0,001981323
poiSub	B767300	0,0493	-0,001981828
poiSub	B767300	0,0508	-0,001982371
poiSub	B767300	0,0523	-0,001982916
poiSub	B767300	0,0539	-0,0019835
poiSub	B767300	0,0555	-0,001984085
poiSub	B767300	0,0572	-0,001984709
poiSub	B767300	0,0589	-0,001985336
poiSub	B767300	0,0607	-0,001986002
poiSub	B767300	0,0625	-0,001986671
poiSub	B767300	0,0644	-0,001987379
poiSub	B767300	0,0663	-0,001988091
poiSub	B767300	0,0683	-0,001988844
poiSub	B767300	0,0703	-0,0019896
poiSub	B767300	0,0725	-0,001990435

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B767300	0,0746	-0,001991236
poiSub	B767300	0,0769	-0,001992118
poiSub	B767300	0,0792	-0,001993005
poiSub	B767300	0,0816	-0,001993935
poiSub	B767300	0,084	-0,00199487
poiSub	B767300	0,0865	-0,001995849
poiSub	B767300	0,0891	-0,001996874
poiSub	B767300	0,0918	-0,001997944
poiSub	B767300	0,0945	-0,001999021
poiSub	B767300	0,0974	-0,002000185
poiSub	B767300	0,1003	-0,002001357
poiSub	B767300	0,1033	-0,002002577
poiSub	B767300	0,1064	-0,002003848
poiSub	B767300	0,1096	-0,002005168
poiSub	B767300	0,1129	-0,002006541
poiSub	B767300	0,1163	-0,002007966
poiSub	B767300	0,1198	-0,002009445
poiSub	B767300	0,1234	-0,002010978
poiSub	B767300	0,1271	-0,002012568
poiSub	B767300	0,1309	-0,002014216
poiSub	B767300	0,1348	-0,002015923
poiSub	B767300	0,1388	-0,002017689
poiSub	B767300	0,143	-0,002019563
poiSub	B767300	0,1473	-0,002021501
poiSub	B767300	0,1517	-0,002023505
poiSub	B767300	0,1563	-0,002025624
poiSub	B767300	0,161	-0,002027813
poiSub	B767300	0,1658	-0,002030076
poiSub	B767300	0,1708	-0,002032461

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B767300	0,1759	-0,002034926
poiSub	B767300	0,1812	-0,002037521
poiSub	B767300	0,1866	-0,002040201
poiSub	B767300	0,1922	-0,002043021
poiSub	B767300	0,198	-0,002045984
poiSub	B767300	0,2039	-0,002049046
poiSub	B767300	0,21	-0,002052262
poiSub	B767300	0,2163	-0,002055639
poiSub	B767300	0,2228	-0,002059184
poiSub	B767300	0,2295	-0,002062905
poiSub	B767300	0,2364	-0,00206681
poiSub	B767300	0,2435	-0,002070909
poiSub	B767300	0,2508	-0,002075211
poiSub	B767300	0,2583	-0,002079726
poiSub	B767300	0,266	-0,002084468
poiSub	B767300	0,274	-0,002089511
poiSub	B767300	0,2822	-0,002094811
poiSub	B767300	0,2907	-0,00210045
poiSub	B767300	0,2994	-0,002106382
poiSub	B767300	0,3084	-0,002112699
poiSub	B767300	0,3177	-0,002119429
poiSub	B767300	0,3272	-0,002126531
poiSub	B767300	0,337	-0,002134112
poiSub	B767300	0,3471	-0,002142215
poiSub	B767300	0,3575	-0,002150889
poiSub	B767300	0,3682	-0,002160192
poiSub	B767300	0,3793	-0,002170286
poiSub	B767300	0,3907	-0,002181169
poiSub	B767300	0,4024	-0,002192942

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B767300	0,4145	-0,002205841
poiSub	B767300	0,4269	-0,002219931
poiSub	B767300	0,4397	-0,002235554
poiSub	B767300	0,4529	-0,002253031
poiSub	B767300	0,4665	-0,002272817
poiSub	B767300	0,4805	-0,002295464
pressao	B767300	206840	-0,000329933
pressao	B767300	213045,2	-0,000339831
pressao	B767300	219436,556	-0,000350027
pressao	B767300	226019,6527	-0,000360528
pressao	B767300	232800,2423	-0,000371342
pressao	B767300	239784,2495	-0,000382483
pressao	B767300	246977,777	-0,000393958
pressao	B767300	254387,1103	-0,000405776
pressao	B767300	262018,7236	-0,00041795
pressao	B767300	269879,2853	-0,000430488
pressao	B767300	277975,6639	-0,000443403
pressao	B767300	286314,9338	-0,000456705
pressao	B767300	294904,3818	-0,000470405
pressao	B767300	303751,5133	-0,000484519
pressao	B767300	312864,0587	-0,000499054
pressao	B767300	322249,9804	-0,000514025
pressao	B767300	331917,4799	-0,000529445
pressao	B767300	341875,0043	-0,00054533
pressao	B767300	352131,2544	-0,000561689
pressao	B767300	362695,192	-0,00057854
pressao	B767300	373576,0478	-0,000595896
pressao	B767300	384783,3292	-0,000613773
pressao	B767300	396326,8291	-0,000632187

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B767300	408216,634	-0,000651153
pressao	B767300	420463,133	-0,000670686
pressao	B767300	433077,027	-0,000690807
pressao	B767300	446069,3378	-0,000711531
pressao	B767300	459451,4179	-0,000732877
pressao	B767300	473234,9604	-0,000754864
pressao	B767300	487432,0093	-0,00077751
pressao	B767300	502054,9695	-0,000800835
pressao	B767300	517116,6186	-0,00082486
pressao	B767300	532630,1172	-0,000849605
pressao	B767300	548609,0207	-0,000875094
pressao	B767300	565067,2913	-0,000901346
pressao	B767300	582019,3101	-0,000928387
pressao	B767300	599479,8894	-0,000956239
pressao	B767300	617464,286	-0,000984925
pressao	B767300	635988,2146	-0,001014473
pressao	B767300	655067,8611	-0,001044908
pressao	B767300	674719,8969	-0,001076255
pressao	B767300	694961,4938	-0,001108542
pressao	B767300	715810,3386	-0,001141798
pressao	B767300	737284,6488	-0,001176053
pressao	B767300	759403,1882	-0,001211334
pressao	B767300	782185,2839	-0,001247674
pressao	B767300	805650,8424	-0,001285105
pressao	B767300	829820,3677	-0,001323657
pressao	B767300	854714,9787	-0,001363368
pressao	B767300	880356,4281	-0,001404268
pressao	B767300	906767,1209	-0,001446397
pressao	B767300	933970,1345	-0,001489788

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B767300	961989,2386	-0,001534482
pressao	B767300	990848,9157	-0,001580517
pressao	B767300	1020574,383	-0,001627925
pressao	B767300	1051191,615	-0,001676768
pressao	B767300	1082727,363	-0,001727078
pressao	B767300	1115209,184	-0,001778887
pressao	B767300	1148665,46	-0,001832259
pressao	B767300	1183125,423	-0,001887227
pressao	B767300	1218619,186	-0,001943838
pressao	B767300	1255177,762	-0,002002155
pressao	B767300	1292833,095	-0,002062211
pressao	B767300	1331618,087	-0,002124085
pressao	B767300	1371566,63	-0,00218781
pressao	B767300	1412713,629	-0,002253433
pressao	B767300	1455095,038	-0,00232105
pressao	B767300	1498747,889	-0,002390677
pressao	B767300	1543710,326	-0,002462393
pressao	B767300	1590021,635	-0,002536263
pressao	B767300	1637722,284	-0,00261235
pressao	B767300	1686853,953	-0,002690718
pressao	B767300	1737459,571	-0,002771446
pressao	B767300	1789583,359	-0,002854584
pressao	B767300	1843270,859	-0,002940225
espRev	B777300	0,075	-0,002533129
espRev	B777300	0,0772	-0,002506858
espRev	B777300	0,0796	-0,002478442
espRev	B777300	0,082	-0,002450303
espRev	B777300	0,0844	-0,002422468
espRev	B777300	0,0869	-0,002393813

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B777300	0,0896	-0,002363281
espRev	B777300	0,0922	-0,002334299
espRev	B777300	0,095	-0,002303573
espRev	B777300	0,0979	-0,002272294
espRev	B777300	0,1008	-0,002241578
espRev	B777300	0,1038	-0,002210408
espRev	B777300	0,1069	-0,002178853
espRev	B777300	0,1101	-0,002146978
espRev	B777300	0,1134	-0,002114853
espRev	B777300	0,1168	-0,00208254
espRev	B777300	0,1204	-0,002049193
espRev	B777300	0,124	-0,002016722
espRev	B777300	0,1277	-0,001995451
espRev	B777300	0,1315	-0,001964409
espRev	B777300	0,1355	-0,00193263
espRev	B777300	0,1395	-0,001901737
espRev	B777300	0,1437	-0,001870219
espRev	B777300	0,148	-0,00183889
espRev	B777300	0,1525	-0,001807085
espRev	B777300	0,157	-0,00177624
espRev	B777300	0,1617	-0,00174501
espRev	B777300	0,1666	-0,001713476
espRev	B777300	0,1716	-0,001682332
espRev	B777300	0,1767	-0,001628513
espRev	B777300	0,182	-0,001597498
espRev	B777300	0,1875	-0,001566411
espRev	B777300	0,1931	-0,001535854
espRev	B777300	0,1989	-0,001505315
espRev	B777300	0,2049	-0,001474857

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B777300	0,211	-0,001445017
espRev	B777300	0,2174	-0,00141487
espRev	B777300	0,2239	-0,001385408
espRev	B777300	0,2306	-0,001367562
espRev	B777300	0,2375	-0,00133943
espRev	B777300	0,2447	-0,001311261
espRev	B777300	0,252	-0,001283873
espRev	B777300	0,2596	-0,001256542
espRev	B777300	0,2673	-0,001230016
espRev	B777300	0,2754	-0,001195626
espRev	B777300	0,2836	-0,001169487
espRev	B777300	0,2921	-0,001143552
espRev	B777300	0,3009	-0,001117873
espRev	B777300	0,3099	-0,001092768
espRev	B777300	0,3192	-0,001067979
espRev	B777300	0,3288	-0,001048599
espRev	B777300	0,3387	-0,001024827
espRev	B777300	0,3488	-0,001001701
espRev	B777300	0,3593	-0,000978783
espRev	B777300	0,3701	-0,000956326
espRev	B777300	0,3812	-0,000930506
espRev	B777300	0,3926	-0,00090886
espRev	B777300	0,4044	-0,00088752
espRev	B777300	0,4165	-0,00086668
espRev	B777300	0,429	-0,000849066
espRev	B777300	0,4419	-0,000829049
espRev	B777300	0,4551	-0,000809557
espRev	B777300	0,4688	-0,000790306
espRev	B777300	0,4828	-0,00076928

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espRev	B777300	0,4973	-0,000750754
espRev	B777300	0,5122	-0,000732645
espBas	B777300	0,075	-0,003757781
espBas	B777300	0,0772	-0,003748848
espBas	B777300	0,0796	-0,003739077
espBas	B777300	0,082	-0,003729289
espBas	B777300	0,0844	-0,003719485
espBas	B777300	0,0869	-0,003709262
espBas	B777300	0,0896	-0,003698214
espBas	B777300	0,0922	-0,003687574
espBas	B777300	0,095	-0,00367612
espBas	B777300	0,0979	-0,003664267
espBas	B777300	0,1008	-0,003652425
espBas	B777300	0,1038	-0,003640195
espBas	B777300	0,1069	-0,003627584
espBas	B777300	0,1101	-0,003614594
espBas	B777300	0,1134	-0,003601239
espBas	B777300	0,1168	-0,003587521
espBas	B777300	0,1204	-0,003573051
espBas	B777300	0,124	-0,003558637
espBas	B777300	0,1277	-0,003543889
espBas	B777300	0,1315	-0,003528817
espBas	B777300	0,1355	-0,003513032
espBas	B777300	0,1395	-0,003497334
espBas	B777300	0,1437	-0,003480949
espBas	B777300	0,148	-0,003464279
espBas	B777300	0,1525	-0,002577195
espBas	B777300	0,157	-0,002572063
espBas	B777300	0,1617	-0,002566683

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B777300	0,1666	-0,002561056
espBas	B777300	0,1716	-0,00255553
espBas	B777300	0,1767	-0,002549422
espBas	B777300	0,182	-0,002543309
espBas	B777300	0,1875	-0,002536965
espBas	B777300	0,1931	-0,00253051
espBas	B777300	0,1989	-0,002523834
espBas	B777300	0,2049	-0,002516939
espBas	B777300	0,211	-0,002509948
espBas	B777300	0,2174	-0,002502633
espBas	B777300	0,2239	-0,00249523
espBas	B777300	0,2306	-0,002487629
espBas	B777300	0,2375	-0,002479836
espBas	B777300	0,2447	-0,002471743
espBas	B777300	0,252	-0,002272434
espBas	B777300	0,2596	-0,002268996
espBas	B777300	0,2673	-0,00226547
espBas	B777300	0,2754	-0,002261712
espBas	B777300	0,2836	-0,002257856
espBas	B777300	0,2921	-0,002253808
espBas	B777300	0,3009	-0,002249558
espBas	B777300	0,3099	-0,002245149
espBas	B777300	0,3192	-0,002240536
espBas	B777300	0,3288	-0,002235715
espBas	B777300	0,3387	-0,002230677
espBas	B777300	0,3488	-0,002225483
espBas	B777300	0,3593	-0,002188236
espBas	B777300	0,3701	-0,002182197
espBas	B777300	0,3812	-0,002176046

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B777300	0,3926	-0,00216979
espBas	B777300	0,4044	-0,002163372
espBas	B777300	0,4165	-0,00215685
espBas	B777300	0,429	-0,002150175
espBas	B777300	0,4419	-0,002143346
espBas	B777300	0,4551	-0,001893234
espBas	B777300	0,4688	-0,001858377
espBas	B777300	0,4828	-0,001823706
espBas	B777300	0,4973	-0,001788779
espBas	B777300	0,5122	-0,001753901
espBas	B777300	0,5276	-0,001718902
espBas	B777300	0,5434	-0,001684068
espBas	B777300	0,5597	-0,001873587
espBas	B777300	0,5765	-0,001868882
espBas	B777300	0,5938	-0,001864079
espBas	B777300	0,6117	-0,001859158
espBas	B777300	0,63	-0,001854173
espBas	B777300	0,6489	-0,001849072
espBas	B777300	0,6684	-0,001843559
espBas	B777300	0,6884	-0,001824257
espBas	B777300	0,7091	-0,001804616
espBas	B777300	0,7303	-0,001784844
espBas	B777300	0,7523	-0,002701973
espBas	B777300	0,7748	-0,002691464
espBas	B777300	0,7981	-0,002680725
espBas	B777300	0,822	-0,002669852
espBas	B777300	0,8467	-0,002658766
espBas	B777300	0,8721	-0,000814984
espBas	B777300	0,8982	-0,000795059

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
espBas	B777300	0,9252	-0,00077549
espBas	B777300	0,9529	-0,001629645
espBas	B777300	0,9815	-0,001599193
espBas	B777300	1,011	-0,001568683
espBas	B777300	1,0413	-0,001538262
espBas	B777300	1,0725	-0,000709968
espBas	B777300	1,1047	-0,000692147
espBas	B777300	1,1379	-0,000674802
elasRev	B777300	517110000	-0,002612453
elasRev	B777300	532623300	-0,002603969
elasRev	B777300	548601999	-0,002595394
elasRev	B777300	565060059	-0,002586729
elasRev	B777300	582011860,7	-0,002577972
elasRev	B777300	599472216,6	-0,002569125
elasRev	B777300	617456383,1	-0,002560186
elasRev	B777300	635980074,6	-0,002551156
elasRev	B777300	655059476,8	-0,002542035
elasRev	B777300	674711261,1	-0,002532822
elasRev	B777300	694952598,9	-0,002523518
elasRev	B777300	715801176,9	-0,002514123
elasRev	B777300	737275212,2	-0,002504637
elasRev	B777300	759393468,6	-0,00249506
elasRev	B777300	782175272,6	-0,002485391
elasRev	B777300	805640530,8	-0,002475632
elasRev	B777300	829809746,7	-0,002465783
elasRev	B777300	854704039,1	-0,002455843
elasRev	B777300	880345160,3	-0,002445812
elasRev	B777300	906755515,1	-0,002435692
elasRev	B777300	933958180,6	-0,002425483

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B777300	961976926	-0,002415184
elasRev	B777300	990836233,8	-0,002404796
elasRev	B777300	1020561321	-0,00239432
elasRev	B777300	1051178160	-0,002383755
elasRev	B777300	1082713505	-0,002373105
elasRev	B777300	1115194910	-0,002362366
elasRev	B777300	1148650758	-0,002351539
elasRev	B777300	1183110280	-0,002340628
elasRev	B777300	1218603589	-0,002329632
elasRev	B777300	1255161696	-0,002318551
elasRev	B777300	1292816547	-0,002307384
elasRev	B777300	1331601044	-0,002296137
elasRev	B777300	1371549075	-0,002284806
elasRev	B777300	1412695547	-0,002273393
elasRev	B777300	1455076414	-0,0022619
elasRev	B777300	1498728706	-0,002250328
elasRev	B777300	1543690567	-0,002238677
elasRev	B777300	1590001284	-0,002226947
elasRev	B777300	1637701323	-0,00221514
elasRev	B777300	1686832363	-0,002203258
elasRev	B777300	1737437334	-0,002191299
elasRev	B777300	1789560454	-0,002179269
elasRev	B777300	1843247267	-0,002167164
elasRev	B777300	1898544685	-0,00215499
elasRev	B777300	1955501026	-0,002142743
elasRev	B777300	2014166056	-0,002130428
elasRev	B777300	2074591038	-0,002118046
elasRev	B777300	2136828769	-0,002105597
elasRev	B777300	2200933632	-0,002093083

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B777300	2266961641	-0,002080505
elasRev	B777300	2334970491	-0,002067865
elasRev	B777300	2405019605	-0,002055163
elasRev	B777300	2477170193	-0,002042403
elasRev	B777300	2551485299	-0,002029583
elasRev	B777300	2628029858	-0,002016709
elasRev	B777300	2706870754	-0,002003779
elasRev	B777300	2788076877	-0,001990794
elasRev	B777300	2871719183	-0,001977759
elasRev	B777300	2957870758	-0,001964674
elasRev	B777300	3046606881	-0,001951539
elasRev	B777300	3138005088	-0,001938357
elasRev	B777300	3232145240	-0,00192513
elasRev	B777300	3329109597	-0,00191186
elasRev	B777300	3428982885	-0,001898547
elasRev	B777300	3531852372	-0,001885194
elasRev	B777300	3637807943	-0,001871802
elasRev	B777300	3746942181	-0,001858373
elasRev	B777300	3859350447	-0,001844909
elasRev	B777300	3975130960	-0,001831412
elasRev	B777300	4094384889	-0,001817883
elasRev	B777300	4217216436	-0,001804323
elasRev	B777300	4343732929	-0,001790736
elasRev	B777300	4474044917	-0,001777122
elasRev	B777300	4608266264	-0,001763483
elasRev	B777300	4746514252	-0,001749822
elasRev	B777300	4888909680	-0,001736139
elasRev	B777300	5035576970	-0,001722437
elasRev	B777300	5186644279	-0,001708718

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B777300	5342243607	-0,001694983
elasRev	B777300	5502510916	-0,001681234
elasRev	B777300	5667586243	-0,001667473
elasRev	B777300	5837613830	-0,001653702
elasRev	B777300	6012742245	-0,001639922
elasRev	B777300	6193124513	-0,001626136
elasRev	B777300	6378918248	-0,001612344
elasRev	B777300	6570285795	-0,001598549
elasRev	B777300	6767394369	-0,001584754
elasRev	B777300	6970416200	-0,001570959
elasRev	B777300	7179528686	-0,001557166
elasRev	B777300	7394914547	-0,001543378
elasRev	B777300	7616761983	-0,001529596
elasRev	B777300	7845264843	-0,001515821
elasRev	B777300	8080622788	-0,001502056
elasRev	B777300	8323041472	-0,001488302
elasRev	B777300	8572732716	-0,001474562
elasRev	B777300	8829914698	-0,001460837
elasRev	B777300	9094812138	-0,001447129
elasRev	B777300	9367656503	-0,001433439
elasRev	B777300	9648686198	-0,00141977
elasRev	B777300	9938146784	-0,001406123
elasRev	B777300	10236291187	-0,0013925
elasRev	B777300	10543379923	-0,001378904
elasRev	B777300	10859681320	-0,001365335
elasRev	B777300	11185471760	-0,001351796
elasRev	B777300	11521035913	-0,001338291
elasRev	B777300	11866666990	-0,001324815
elasRev	B777300	12222667000	-0,001311376

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B777300	12589347010	-0,001297977
elasRev	B777300	12967027420	-0,001284614
elasRev	B777300	13356038243	-0,001271292
elasRev	B777300	13756719390	-0,001258012
elasRev	B777300	14169420972	-0,001244778
elasRev	B777300	14594503601	-0,001231589
elasRev	B777300	15032338709	-0,001218449
elasRev	B777300	15483308870	-0,001205358
elasRev	B777300	15947808136	-0,00119232
elasRev	B777300	16426242381	-0,001179336
elasRev	B777300	16919029652	-0,001166407
elasRev	B777300	17426600541	-0,001153535
elasRev	B777300	17949398558	-0,001140722
elasRev	B777300	18487880514	-0,001127971
elasRev	B777300	19042516930	-0,001115284
elasRev	B777300	19613792438	-0,00110266
elasRev	B777300	20202206211	-0,001090104
elasRev	B777300	20808272397	-0,001077615
elasRev	B777300	21432520569	-0,001065198
elasRev	B777300	22075496186	-0,001052852
elasRev	B777300	22737761072	-0,00104058
elasRev	B777300	23419893904	-0,001028384
elasRev	B777300	24122490721	-0,001016265
elasRev	B777300	24846165443	-0,001004225
elasRev	B777300	25591550406	-0,000992265
elasRev	B777300	26359296918	-0,000980389
elasRev	B777300	27150075826	-0,000968596
elasRev	B777300	27964578101	-0,00095689
elasRev	B777300	28803515444	-0,000945271

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasRev	B777300	29667620907	-0,00093374
elasRev	B777300	30557649534	-0,0009223
elasRev	B777300	31474379020	-0,000910951
elasRev	B777300	32418610391	-0,000899697
elasRev	B777300	33391168702	-0,000888536
elasRev	B777300	34392903763	-0,000877472
elasRev	B777300	35424690876	-0,000866506
elasRev	B777300	36487431603	-0,000855639
elasRev	B777300	37582054551	-0,00084487
elasRev	B777300	38709516187	-0,000834204
elasRev	B777300	39870801673	-0,00082364
elasRev	B777300	41066925723	-0,00081318
elasBas	B777300	206840000	-0,002650322
elasBas	B777300	213045200	-0,002583895
elasBas	B777300	219436556	-0,002518978
elasBas	B777300	226019652,7	-0,002455557
elasBas	B777300	232800242,3	-0,002393599
elasBas	B777300	239784249,5	-0,002333064
elasBas	B777300	246977777	-0,002273926
elasBas	B777300	254387110,3	-0,002216165
elasBas	B777300	262018723,6	-0,002159742
elasBas	B777300	269879285,3	-0,00210464
elasBas	B777300	277975663,9	-0,002050819
elasBas	B777300	286314933,8	-0,001998265
elasBas	B777300	294904381,8	-0,001946948
elasBas	B777300	303751513,3	-0,001896832
elasBas	B777300	312864058,7	-0,001847909
elasBas	B777300	322249980,5	-0,001800141
elasBas	B777300	331917479,9	-0,001753511

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	341875004,3	-0,001707987
elasBas	B777300	352131254,4	-0,001663554
elasBas	B777300	362695192	-0,001620183
elasBas	B777300	373576047,8	-0,001577854
elasBas	B777300	384783329,2	-0,001536545
elasBas	B777300	396326829,1	-0,00149623
elasBas	B777300	408216634	-0,001456893
elasBas	B777300	420463133	-0,001418512
elasBas	B777300	433077027	-0,001381063
elasBas	B777300	446069337,8	-0,001344528
elasBas	B777300	459451417,9	-0,001308887
elasBas	B777300	473234960,5	-0,001274117
elasBas	B777300	487432009,3	-0,001240204
elasBas	B777300	502054969,5	-0,001207126
elasBas	B777300	517116618,6	-0,001174865
elasBas	B777300	532630117,2	-0,001143405
elasBas	B777300	548609020,7	-0,001112725
elasBas	B777300	565067291,3	-0,001082809
elasBas	B777300	582019310,1	-0,001053639
elasBas	B777300	599479889,4	-0,001025198
elasBas	B777300	617464286	-0,000997472
elasBas	B777300	635988214,6	-0,000970443
elasBas	B777300	655067861,1	-0,000944094
elasBas	B777300	674719896,9	-0,000918412
elasBas	B777300	694961493,8	-0,00089338
elasBas	B777300	715810338,6	-0,000868984
elasBas	B777300	737284648,8	-0,000845207
elasBas	B777300	759403188,2	-0,000822039
elasBas	B777300	782185283,9	-0,000799462

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	805650842,4	-0,000777464
elasBas	B777300	829820367,7	-0,000756032
elasBas	B777300	854714978,7	-0,000735152
elasBas	B777300	880356428,1	-0,000714811
elasBas	B777300	906767120,9	-0,000694996
elasBas	B777300	933970134,5	-0,000675695
elasBas	B777300	961989238,6	-0,000656896
elasBas	B777300	990848915,7	-0,000638586
elasBas	B777300	1020574383	-0,000620758
elasBas	B777300	1051191615	-0,000603393
elasBas	B777300	1082727363	-0,000586482
elasBas	B777300	1115209184	-0,00057002
elasBas	B777300	1148665460	-0,000553988
elasBas	B777300	1183125423	-0,000538383
elasBas	B777300	1218619186	-0,000523192
elasBas	B777300	1255177762	-0,000508403
elasBas	B777300	1292833094	-0,000494009
elasBas	B777300	1331618087	-0,000479996
elasBas	B777300	1371566630	-0,000466359
elasBas	B777300	1412713629	-0,00045309
elasBas	B777300	1455095038	-0,000440173
elasBas	B777300	1498747889	-0,000427606
elasBas	B777300	1543710325	-0,000415379
elasBas	B777300	1590021635	-0,000403482
elasBas	B777300	1637722284	-0,000391908
elasBas	B777300	1686853953	-0,000380648
elasBas	B777300	1737459571	-0,000369694
elasBas	B777300	1789583359	-0,00035904
elasBas	B777300	1843270859	-0,000348677

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	1898568985	-0,000338598
elasBas	B777300	1955526055	-0,000328796
elasBas	B777300	2014191836	-0,000319266
elasBas	B777300	2074617591	-0,000309997
elasBas	B777300	2136856119	-0,000300986
elasBas	B777300	2200961803	-0,000292225
elasBas	B777300	2266990657	-0,000283708
elasBas	B777300	2335000376	-0,000275428
elasBas	B777300	2405050388	-0,000267379
elasBas	B777300	2477201899	-0,000259556
elasBas	B777300	2551517956	-0,000251952
elasBas	B777300	2628063495	-0,000244563
elasBas	B777300	2706905400	-0,000237381
elasBas	B777300	2788112562	-0,000230403
elasBas	B777300	2871755939	-0,000223622
elasBas	B777300	2957908617	-0,000217034
elasBas	B777300	3046645875	-0,000210633
elasBas	B777300	3138045252	-0,000204415
elasBas	B777300	3232186609	-0,000198374
elasBas	B777300	3329152208	-0,000192507
elasBas	B777300	3429026774	-0,000186807
elasBas	B777300	3531897577	-0,000181272
elasBas	B777300	3637854504	-0,000175896
elasBas	B777300	3746990139	-0,000170676
elasBas	B777300	3859399844	-0,000165606
elasBas	B777300	3975181839	-0,000160683
elasBas	B777300	4094437294	-0,000155903
elasBas	B777300	4217270413	-0,000151263
elasBas	B777300	4343788525	-0,000146757

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	4474102181	-0,000142383
elasBas	B777300	4608325246	-0,000138137
elasBas	B777300	4746575004	-0,000134015
elasBas	B777300	4888972254	-0,000130015
elasBas	B777300	5035641422	-0,000126131
elasBas	B777300	5186710664	-0,000122362
elasBas	B777300	5342311984	-0,000118704
elasBas	B777300	5502581344	-0,000115155
elasBas	B777300	5667658784	-0,000111709
elasBas	B777300	5837688548	-0,000108366
elasBas	B777300	6012819204	-0,000105122
elasBas	B777300	6193203780	-0,000101975
elasBas	B777300	6378999894	-9,89203E-05
elasBas	B777300	6570369890	-9,59568E-05
elasBas	B777300	6767480987	-9,30815E-05
elasBas	B777300	6970505417	-9,02917E-05
elasBas	B777300	7179620579	-8,75853E-05
elasBas	B777300	7395009197	-8,49595E-05
elasBas	B777300	7616859472	-8,24122E-05
elasBas	B777300	7845365257	-7,99409E-05
elasBas	B777300	8080726214	-7,75436E-05
elasBas	B777300	8323148001	-7,52181E-05
elasBas	B777300	8572842441	-7,29622E-05
elasBas	B777300	8830027714	-7,07738E-05
elasBas	B777300	9094928545	-6,8651E-05
elasBas	B777300	9367776402	-6,65918E-05
elasBas	B777300	9648809694	-6,45944E-05
elasBas	B777300	9938273985	-6,2657E-05
elasBas	B777300	10236422204	-6,07778E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	10543514870	-5,89548E-05
elasBas	B777300	10859820316	-5,71867E-05
elasBas	B777300	11185614926	-5,54715E-05
elasBas	B777300	11521183374	-5,38078E-05
elasBas	B777300	11866818875	-5,21943E-05
elasBas	B777300	12222823441	-5,06291E-05
elasBas	B777300	12589508144	-4,91109E-05
elasBas	B777300	12967193389	-4,76382E-05
elasBas	B777300	13356209190	-4,62099E-05
elasBas	B777300	13756895466	-4,48244E-05
elasBas	B777300	14169602330	-4,34806E-05
elasBas	B777300	14594690400	-4,2177E-05
elasBas	B777300	15032531112	-4,09127E-05
elasBas	B777300	15483507045	-3,96862E-05
elasBas	B777300	15948012257	-3,84966E-05
elasBas	B777300	16426452624	-3,73424E-05
elasBas	B777300	16919246203	-3,62233E-05
elasBas	B777300	17426823589	-3,51375E-05
elasBas	B777300	17949628297	-3,40843E-05
elasBas	B777300	18488117146	-3,30626E-05
elasBas	B777300	19042760660	-3,20715E-05
elasBas	B777300	19614043480	-3,11103E-05
elasBas	B777300	20202464784	-3,01776E-05
elasBas	B777300	20808538728	-2,92731E-05
elasBas	B777300	21432794890	-2,83956E-05
elasBas	B777300	22075778736	-2,75443E-05
elasBas	B777300	22738052098	-2,67185E-05
elasBas	B777300	23420193661	-2,59175E-05
elasBas	B777300	24122799471	-2,51405E-05

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasBas	B777300	24846483455	-2,43867E-05
elasBas	B777300	25591877959	-2,36554E-05
elasBas	B777300	26359634298	-2,29461E-05
elasBas	B777300	27150423327	-2,22579E-05
elasBas	B777300	27964936027	-2,15903E-05
elasBas	B777300	28803884107	-2,09427E-05
elasBas	B777300	29668000631	-2,03144E-05
elasBas	B777300	30558040649	-1,9705E-05
elasBas	B777300	31474781869	-1,91137E-05
elasBas	B777300	32419025325	-1,85402E-05
elasBas	B777300	33391596085	-1,79837E-05
elasBas	B777300	34393343967	-1,7444E-05
elasBas	B777300	35425144286	-1,69203E-05
elasSub	B777300	50000000	-0,002098931
elasSub	B777300	51500000	-0,002102239
elasSub	B777300	53045000	-0,002105551
elasSub	B777300	54636350	-0,002108865
elasSub	B777300	56275440,5	-0,002112182
elasSub	B777300	57963703,72	-0,0021155
elasSub	B777300	59702614,83	-0,00211882
elasSub	B777300	61493693,27	-0,002122141
elasSub	B777300	63338504,07	-0,002125461
elasSub	B777300	65238659,19	-0,002128782
elasSub	B777300	67195818,97	-0,002132101
elasSub	B777300	69211693,54	-0,00213542
elasSub	B777300	71288044,34	-0,002138736
elasSub	B777300	73426685,67	-0,00214205
elasSub	B777300	75629486,24	-0,002145361
elasSub	B777300	77898370,83	-0,002148669

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
elasSub	B777300	80235321,95	-0,002151973
elasSub	B777300	82642381,61	-0,002155273
elasSub	B777300	85121653,06	-0,002158568
elasSub	B777300	87675302,65	-0,002161858
elasSub	B777300	90305561,73	-0,002165142
elasSub	B777300	93014728,59	-0,00216842
elasSub	B777300	95805170,44	-0,002171691
elasSub	B777300	98679325,56	-0,002174956
elasSub	B777300	101639705,3	-0,002178213
elasSub	B777300	104688896,5	-0,002181462
elasSub	B777300	107829563,4	-0,002184704
elasSub	B777300	111064450,3	-0,002187936
elasSub	B777300	114396383,8	-0,00219116
elasSub	B777300	117828275,3	-0,002194374
elasSub	B777300	121363123,6	-0,00219758
poiRev	B777300	0,15	-0,002241025
poiRev	B777300	0,1545	-0,002241441
poiRev	B777300	0,1591	-0,002241856
poiRev	B777300	0,1639	-0,00224228
poiRev	B777300	0,1688	-0,002242703
poiRev	B777300	0,1739	-0,002243131
poiRev	B777300	0,1791	-0,002243556
poiRev	B777300	0,1845	-0,002243984
poiRev	B777300	0,19	-0,002244407
poiRev	B777300	0,1957	-0,002244832
poiRev	B777300	0,2016	-0,002245256
poiRev	B777300	0,2076	-0,002245671
poiRev	B777300	0,2139	-0,00224609
poiRev	B777300	0,2203	-0,002246498

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiRev	B777300	0,2269	-0,002246898
poiRev	B777300	0,2337	-0,002247291
poiRev	B777300	0,2407	-0,002247673
poiRev	B777300	0,2479	-0,002248042
poiRev	B777300	0,2554	-0,002248402
poiRev	B777300	0,263	-0,002248739
poiRev	B777300	0,2709	-0,002249062
poiRev	B777300	0,279	-0,002249362
poiRev	B777300	0,2874	-0,002249641
poiRev	B777300	0,296	-0,002249891
poiRev	B777300	0,3049	-0,002250112
poiRev	B777300	0,3141	-0,0022503
poiRev	B777300	0,3235	-0,002250448
poiRev	B777300	0,3332	-0,002250554
poiRev	B777300	0,3432	-0,002250613
poiRev	B777300	0,3535	-0,002250618
poiRev	B777300	0,3641	-0,002250565
poiRev	B777300	0,375	-0,002250446
poiRev	B777300	0,3863	-0,002250253
poiRev	B777300	0,3979	-0,002249979
poiRev	B777300	0,4098	-0,002249616
poiRev	B777300	0,4221	-0,002249149
poiRev	B777300	0,4347	-0,002248574
poiRev	B777300	0,4478	-0,002247866
poiRev	B777300	0,4612	-0,002247023
poiRev	B777300	0,4751	-0,002246015
poiRev	B777300	0,4893	-0,002244839
poiBas	B777300	0,01	-0,002625107
poiBas	B777300	0,0103	-0,002625205

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B777300	0,0106	-0,002625303
poiBas	B777300	0,0109	-0,0026254
poiBas	B777300	0,0113	-0,002625529
poiBas	B777300	0,0116	-0,002625624
poiBas	B777300	0,0119	-0,002625719
poiBas	B777300	0,0123	-0,002625845
poiBas	B777300	0,0127	-0,00262597
poiBas	B777300	0,013	-0,002626063
poiBas	B777300	0,0134	-0,002626187
poiBas	B777300	0,0138	-0,002626309
poiBas	B777300	0,0143	-0,00262646
poiBas	B777300	0,0147	-0,00262658
poiBas	B777300	0,0151	-0,002626699
poiBas	B777300	0,0156	-0,002626846
poiBas	B777300	0,016	-0,002626963
poiBas	B777300	0,0165	-0,002627107
poiBas	B777300	0,017	-0,00262725
poiBas	B777300	0,0175	-0,002627391
poiBas	B777300	0,0181	-0,002627558
poiBas	B777300	0,0186	-0,002627695
poiBas	B777300	0,0192	-0,002627858
poiBas	B777300	0,0197	-0,002627992
poiBas	B777300	0,0203	-0,002628151
poiBas	B777300	0,0209	-0,002628307
poiBas	B777300	0,0216	-0,002628487
poiBas	B777300	0,0222	-0,002628638
poiBas	B777300	0,0229	-0,002628812
poiBas	B777300	0,0236	-0,002628983
poiBas	B777300	0,0243	-0,00262915

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B777300	0,025	-0,002629314
poiBas	B777300	0,0258	-0,002629498
poiBas	B777300	0,0265	-0,002629655
poiBas	B777300	0,0273	-0,002629831
poiBas	B777300	0,0281	-0,002630003
poiBas	B777300	0,029	-0,002630191
poiBas	B777300	0,0299	-0,002630374
poiBas	B777300	0,0307	-0,002630532
poiBas	B777300	0,0317	-0,002630724
poiBas	B777300	0,0326	-0,002630891
poiBas	B777300	0,0336	-0,00263107
poiBas	B777300	0,0346	-0,002631243
poiBas	B777300	0,0356	-0,002631409
poiBas	B777300	0,0367	-0,002631584
poiBas	B777300	0,0378	-0,002631751
poiBas	B777300	0,039	-0,002631924
poiBas	B777300	0,0401	-0,002632074
poiBas	B777300	0,0413	-0,002632228
poiBas	B777300	0,0426	-0,002632385
poiBas	B777300	0,0438	-0,002632519
poiBas	B777300	0,0452	-0,002632663
poiBas	B777300	0,0465	-0,002632786
poiBas	B777300	0,0479	-0,002632904
poiBas	B777300	0,0493	-0,00263301
poiBas	B777300	0,0508	-0,002633108
poiBas	B777300	0,0523	-0,002633191
poiBas	B777300	0,0539	-0,002633262
poiBas	B777300	0,0555	-0,002633316
poiBas	B777300	0,0572	-0,002633354

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B777300	0,0589	-0,002633371
poiBas	B777300	0,0607	-0,002633368
poiBas	B777300	0,0625	-0,002633342
poiBas	B777300	0,0644	-0,00263329
poiBas	B777300	0,0663	-0,002633213
poiBas	B777300	0,0683	-0,002633104
poiBas	B777300	0,0703	-0,002632966
poiBas	B777300	0,0725	-0,002632782
poiBas	B777300	0,0746	-0,002632574
poiBas	B777300	0,0769	-0,00263231
poiBas	B777300	0,0792	-0,002632007
poiBas	B777300	0,0816	-0,00263165
poiBas	B777300	0,084	-0,002631251
poiBas	B777300	0,0865	-0,002630791
poiBas	B777300	0,0891	-0,002630263
poiBas	B777300	0,0918	-0,002629661
poiBas	B777300	0,0945	-0,002629005
poiBas	B777300	0,0974	-0,002628239
poiBas	B777300	0,1003	-0,002627409
poiBas	B777300	0,1033	-0,002626483
poiBas	B777300	0,1064	-0,002625454
poiBas	B777300	0,1096	-0,002624313
poiBas	B777300	0,1129	-0,002623053
poiBas	B777300	0,1163	-0,002621665
poiBas	B777300	0,1198	-0,002620141
poiBas	B777300	0,1234	-0,002618471
poiBas	B777300	0,1271	-0,002616645
poiBas	B777300	0,1309	-0,002614654
poiBas	B777300	0,1348	-0,002612488

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B777300	0,1388	-0,002610134
poiBas	B777300	0,143	-0,002607519
poiBas	B777300	0,1473	-0,002604686
poiBas	B777300	0,1517	-0,002601623
poiBas	B777300	0,1563	-0,002598242
poiBas	B777300	0,161	-0,002594595
poiBas	B777300	0,1658	-0,002590668
poiBas	B777300	0,1708	-0,002586356
poiBas	B777300	0,1759	-0,002581723
poiBas	B777300	0,1812	-0,002576654
poiBas	B777300	0,1866	-0,002571217
poiBas	B777300	0,1922	-0,002565285
poiBas	B777300	0,198	-0,002558821
poiBas	B777300	0,2039	-0,002551905
poiBas	B777300	0,21	-0,002544387
poiBas	B777300	0,2163	-0,002536223
poiBas	B777300	0,2228	-0,002527367
poiBas	B777300	0,2295	-0,002517768
poiBas	B777300	0,2364	-0,002507374
poiBas	B777300	0,2435	-0,002496127
poiBas	B777300	0,2508	-0,002483966
poiBas	B777300	0,2583	-0,002470827
poiBas	B777300	0,266	-0,00245664
poiBas	B777300	0,274	-0,002441131
poiBas	B777300	0,2822	-0,002424398
poiBas	B777300	0,2907	-0,002406133
poiBas	B777300	0,2994	-0,002386437
poiBas	B777300	0,3084	-0,002364963
poiBas	B777300	0,3177	-0,002341556

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiBas	B777300	0,3272	-0,002316324
poiBas	B777300	0,337	-0,002288839
poiBas	B777300	0,3471	-0,002258902
poiBas	B777300	0,3575	-0,002226295
poiBas	B777300	0,3682	-0,002190774
poiBas	B777300	0,3793	-0,002151706
poiBas	B777300	0,3907	-0,002109109
poiBas	B777300	0,4024	-0,002062638
poiBas	B777300	0,4145	-0,002011475
poiBas	B777300	0,4269	-0,001955556
poiBas	B777300	0,4397	-0,001893897
poiBas	B777300	0,4529	-0,001825803
poiBas	B777300	0,4665	-0,001750494
poiBas	B777300	0,4805	-0,001667047
poiSub	B777300	0,01	-0,002268333
poiSub	B777300	0,0103	-0,002268308
poiSub	B777300	0,0106	-0,002268283
poiSub	B777300	0,0109	-0,002268258
poiSub	B777300	0,0113	-0,002268225
poiSub	B777300	0,0116	-0,0022682
poiSub	B777300	0,0119	-0,002268175
poiSub	B777300	0,0123	-0,002268142
poiSub	B777300	0,0127	-0,002268109
poiSub	B777300	0,013	-0,002268084
poiSub	B777300	0,0134	-0,002268051
poiSub	B777300	0,0138	-0,002268018
poiSub	B777300	0,0143	-0,002267977
poiSub	B777300	0,0147	-0,002267944
poiSub	B777300	0,0151	-0,002267911

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B777300	0,0156	-0,00226787
poiSub	B777300	0,016	-0,002267837
poiSub	B777300	0,0165	-0,002267796
poiSub	B777300	0,017	-0,002267754
poiSub	B777300	0,0175	-0,002267713
poiSub	B777300	0,0181	-0,002267664
poiSub	B777300	0,0186	-0,002267623
poiSub	B777300	0,0192	-0,002267574
poiSub	B777300	0,0197	-0,002267533
poiSub	B777300	0,0203	-0,002267484
poiSub	B777300	0,0209	-0,002267436
poiSub	B777300	0,0216	-0,002267379
poiSub	B777300	0,0222	-0,00226733
poiSub	B777300	0,0229	-0,002267273
poiSub	B777300	0,0236	-0,002267216
poiSub	B777300	0,0243	-0,002267159
poiSub	B777300	0,025	-0,002267103
poiSub	B777300	0,0258	-0,002267038
poiSub	B777300	0,0265	-0,002266982
poiSub	B777300	0,0273	-0,002266917
poiSub	B777300	0,0281	-0,002266853
poiSub	B777300	0,029	-0,002266781
poiSub	B777300	0,0299	-0,002266708
poiSub	B777300	0,0307	-0,002266644
poiSub	B777300	0,0317	-0,002266565
poiSub	B777300	0,0326	-0,002266493
poiSub	B777300	0,0336	-0,002266413
poiSub	B777300	0,0346	-0,002266334
poiSub	B777300	0,0356	-0,002266254

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B777300	0,0367	-0,002266167
poiSub	B777300	0,0378	-0,00226608
poiSub	B777300	0,039	-0,002265986
poiSub	B777300	0,0401	-0,002265899
poiSub	B777300	0,0413	-0,002265805
poiSub	B777300	0,0426	-0,002265704
poiSub	B777300	0,0438	-0,00226561
poiSub	B777300	0,0452	-0,002265501
poiSub	B777300	0,0465	-0,0022654
poiSub	B777300	0,0479	-0,002265292
poiSub	B777300	0,0493	-0,002265184
poiSub	B777300	0,0508	-0,002265068
poiSub	B777300	0,0523	-0,002264953
poiSub	B777300	0,0539	-0,002264831
poiSub	B777300	0,0555	-0,002264709
poiSub	B777300	0,0572	-0,002264579
poiSub	B777300	0,0589	-0,002264451
poiSub	B777300	0,0607	-0,002264315
poiSub	B777300	0,0625	-0,002264179
poiSub	B777300	0,0644	-0,002264037
poiSub	B777300	0,0663	-0,002263895
poiSub	B777300	0,0683	-0,002263747
poiSub	B777300	0,0703	-0,002263599
poiSub	B777300	0,0725	-0,002263437
poiSub	B777300	0,0746	-0,002263283
poiSub	B777300	0,0769	-0,002263115
poiSub	B777300	0,0792	-0,002262948
poiSub	B777300	0,0816	-0,002262774
poiSub	B777300	0,084	-0,002262602

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B777300	0,0865	-0,002262423
poiSub	B777300	0,0891	-0,002262238
poiSub	B777300	0,0918	-0,002262048
poiSub	B777300	0,0945	-0,002261858
poiSub	B777300	0,0974	-0,002261656
poiSub	B777300	0,1003	-0,002261454
poiSub	B777300	0,1033	-0,002261248
poiSub	B777300	0,1064	-0,002261036
poiSub	B777300	0,1096	-0,002260819
poiSub	B777300	0,1129	-0,002260596
poiSub	B777300	0,1163	-0,002260369
poiSub	B777300	0,1198	-0,002260137
poiSub	B777300	0,1234	-0,002259901
poiSub	B777300	0,1271	-0,00225966
poiSub	B777300	0,1309	-0,002259415
poiSub	B777300	0,1348	-0,002259166
poiSub	B777300	0,1388	-0,002258913
poiSub	B777300	0,143	-0,002258651
poiSub	B777300	0,1473	-0,002258385
poiSub	B777300	0,1517	-0,002258116
poiSub	B777300	0,1563	-0,002257839
poiSub	B777300	0,161	-0,002257559
poiSub	B777300	0,1658	-0,002257277
poiSub	B777300	0,1708	-0,002256988
poiSub	B777300	0,1759	-0,002256697
poiSub	B777300	0,1812	-0,0022564
poiSub	B777300	0,1866	-0,002256102
poiSub	B777300	0,1922	-0,002255798
poiSub	B777300	0,198	-0,00225549

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B777300	0,2039	-0,002255183
poiSub	B777300	0,21	-0,002254872
poiSub	B777300	0,2163	-0,002254558
poiSub	B777300	0,2228	-0,002254242
poiSub	B777300	0,2295	-0,002253925
poiSub	B777300	0,2364	-0,002253608
poiSub	B777300	0,2435	-0,002253291
poiSub	B777300	0,2508	-0,002252977
poiSub	B777300	0,2583	-0,002252665
poiSub	B777300	0,266	-0,002252358
poiSub	B777300	0,274	-0,002252053
poiSub	B777300	0,2822	-0,002251756
poiSub	B777300	0,2907	-0,002251465
poiSub	B777300	0,2994	-0,002251186
poiSub	B777300	0,3084	-0,002250918
poiSub	B777300	0,3177	-0,002250665
poiSub	B777300	0,3272	-0,002250433
poiSub	B777300	0,337	-0,002250223
poiSub	B777300	0,3471	-0,002250041
poiSub	B777300	0,3575	-0,002249893
poiSub	B777300	0,3682	-0,002249786
poiSub	B777300	0,3793	-0,002249732
poiSub	B777300	0,3907	-0,002249743
poiSub	B777300	0,4024	-0,002249838
poiSub	B777300	0,4145	-0,002250043
poiSub	B777300	0,4269	-0,002250396
poiSub	B777300	0,4397	-0,00225096
poiSub	B777300	0,4529	-0,00225185
poiSub	B777300	0,4665	-0,002253304

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
poiSub	B777300	0,4805	-0,002256016
pressao	B777300	206840	-0,000313949
pressao	B777300	213045,2	-0,000323367
pressao	B777300	219436,556	-0,000333069
pressao	B777300	226019,6527	-0,000343061
pressao	B777300	232800,2423	-0,000353352
pressao	B777300	239784,2495	-0,000363953
pressao	B777300	246977,777	-0,000374872
pressao	B777300	254387,1103	-0,000386118
pressao	B777300	262018,7236	-0,000397702
pressao	B777300	269879,2853	-0,000409632
pressao	B777300	277975,6639	-0,000421922
pressao	B777300	286314,9338	-0,000434579
pressao	B777300	294904,3818	-0,000447616
pressao	B777300	303751,5133	-0,000461046
pressao	B777300	312864,0587	-0,000474876
pressao	B777300	322249,9804	-0,000489123
pressao	B777300	331917,4799	-0,000503796
pressao	B777300	341875,0043	-0,00051891
pressao	B777300	352131,2544	-0,000534477
pressao	B777300	362695,192	-0,000550512
pressao	B777300	373576,0478	-0,000567027
pressao	B777300	384783,3292	-0,000584038
pressao	B777300	396326,8291	-0,00060156
pressao	B777300	408216,634	-0,000619607
pressao	B777300	420463,133	-0,000638194
pressao	B777300	433077,027	-0,00065734
pressao	B777300	446069,3378	-0,00067706
pressao	B777300	459451,4179	-0,000697371

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B777300	473234,9604	-0,000718293
pressao	B777300	487432,0093	-0,000739842
pressao	B777300	502054,9695	-0,000762037
pressao	B777300	517116,6186	-0,000784899
pressao	B777300	532630,1172	-0,000808445
pressao	B777300	548609,0207	-0,000832699
pressao	B777300	565067,2913	-0,000857679
pressao	B777300	582019,3101	-0,00088341
pressao	B777300	599479,8894	-0,000909913
pressao	B777300	617464,286	-0,000937209
pressao	B777300	635988,2146	-0,000965326
pressao	B777300	655067,8611	-0,000994286
pressao	B777300	674719,8969	-0,001024115
pressao	B777300	694961,4938	-0,001054837
pressao	B777300	715810,3386	-0,001086483
pressao	B777300	737284,6488	-0,001119078
pressao	B777300	759403,1882	-0,00115265
pressao	B777300	782185,2839	-0,001187229
pressao	B777300	805650,8424	-0,001222846
pressao	B777300	829820,3677	-0,001259531
pressao	B777300	854714,9787	-0,001297318
pressao	B777300	880356,4281	-0,001336236
pressao	B777300	906767,1209	-0,001376324
pressao	B777300	933970,1345	-0,001417614
pressao	B777300	961989,2386	-0,001460142
pressao	B777300	990848,9157	-0,001503947
pressao	B777300	1020574,383	-0,001549058
pressao	B777300	1051191,615	-0,001595535
pressao	B777300	1082727,363	-0,001643407

Tabela 28 – Deformação dos modelos com a variação do índice de Propriedade.

(Continuação)

nomePropriedade	modeloAviao	valorPropriedade	Ez
pressao	B777300	1115209,184	-0,001692706
pressao	B777300	1148665,46	-0,001743493
pressao	B777300	1183125,423	-0,001795798
pressao	B777300	1218619,186	-0,001849666
pressao	B777300	1255177,762	-0,001905158
pressao	B777300	1292833,095	-0,001962305
pressao	B777300	1331618,087	-0,002021181
pressao	B777300	1371566,63	-0,002081819
pressao	B777300	1412713,629	-0,002144263
pressao	B777300	1455095,038	-0,002208604
pressao	B777300	1498747,889	-0,002274857
pressao	B777300	1543710,326	-0,002343099
pressao	B777300	1590021,635	-0,00241339
pressao	B777300	1637722,284	-0,002485791
pressao	B777300	1686853,953	-0,002560362
pressao	B777300	1737459,571	-0,00263718
pressao	B777300	1789583,359	-0,00271629
pressao	B777300	1843270,859	-0,002797782

Fonte Elaborada pelo Autor, 2024.