



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

RAYSSA DE SOUSA CARNEIRO

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS ESTRATÉGIAS PARA
MANUTENÇÃO DA RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM EM PISTAS DE POUSO E
DECOLAGEM**

FORTALEZA
2025

RAYSSA DE SOUSA CARNEIRO

ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS ESTRATÉGIAS PARA
MANUTENÇÃO DA RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM EM PISTAS DE POUSO E
DECOLAGEM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos de obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes.

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

FORTALEZA

2025

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)

- C29a Carneiro, Rayssa de Sousa.
Análise do Custo do Ciclo de Vida das estratégias para manutenção da resistência à derrapagem em pistas de pouso e decolagem / Rayssa de Sousa Carneiro. – 2025.
228 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.
1. Aeroportos. 2. Coeficiente de atrito. 3. Manutenção e reabilitação. 4. Custos. 5. Análise do Custo do Ciclo de Vida. I. Título.

CDD 388

RAYSSA DE SOUSA CARNEIRO

ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS ESTRATÉGIAS PARA
MANUTENÇÃO DA RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM EM PISTAS DE POUSO E
DECOLAGEM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos de obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes.

Aprovada em: 18/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Filipe Almeida Corrêa do Nascimento (Examinador Externo)
Instituto Militar de Engenharia (IME)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida.

Minha gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Heber Oliveira, pela orientação dedicada, paciência e apoio. Sou grata por sua confiança em mim, muitas vezes maior que a minha. Sua amizade tornou essa jornada mais leve, mesmo com todos os manuscritos riscados (incansavelmente!) com sua inseparável caneta vermelha. As conversas amigáveis são parte do que levarei com carinho dessa parceria (que vem se tornando de longa data). É uma honra aprender sob sua orientação e conviver com alguém inspirador.

Ao Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva e o Prof. Dr. Filipe Almeida Corrêa do Nascimento por aceitarem o convite de compor a Banca Examinadora. Obrigada por tomarem parte de seu tempo nas sugestões, pela disponibilidade, pela leitura atenta e valiosas contribuições que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pelo apoio financeiro e concessão de bolsa para a realização desta pesquisa (Processo 131313/2023-1).

À toda a minha amada família. Aos meus pais, que nunca mediram esforços para que eu e meus irmãos tivéssemos uma boa educação e por tornarem nossos sonhos imagináveis; por nos julgarem merecedores e, ainda hoje, nos apoiarem com tudo o possível (e às vezes até com o impossível). Aos meus irmãos e cunhada, pelo apoio, mesmo entendendo muito pouco de engenharia civil, pavimentos ou aeroportos. À minha sobrinha, por alegrar nossos dias.

À minha irmã Laryssa, minha outra metade, minha melhor amiga, minha Doutora favorita. Obrigada por me fortalecer, por ser inspiração, por caminhar comigo e compartilhar risos, sonhos e o simples ato de existir. Obrigada por ser minha cúmplice (para o que der e vier!), desde o começo das nossas vidas e para sempre.

Ao meu querido Orlando, que hoje é grande parte da minha vida e dos meus dias. Obrigada por ser orgulhoso de mim, por acreditar em mim e me incentivar. Obrigada também por me amar e celebrar minhas conquistas, por tornar este período mais acolhedor, por cada vez que me fez rir e por compartilhar comigo algo tão simples, porém tão precioso: a presença.

Às minhas primas e tias (especialmente minhas primas/amigas/irmãs Brenda, Bruna e Rafaela). Sem delongas, simplesmente obrigada.

Às minhas amigas de longa data, Fabíola, Jéssica e Larissa, por permanecerem comigo e estarem sempre presentes em palavras amigas, encontros acolhedores e risadas descontraídas. Obrigada por me apoiarem com tanto amor e constância, sem reservas.

Ao Marcos, que, mais que apoio, foi incentivo; que me acompanhou em toda a graduação e me ajudou a me tornar engenheira; que foi essencial durante este curso de mestrado. Obrigada por tudo o que me ensinou, por me apoiar mais do que caberia descrever nestas páginas, e por ter sido companhia por mais de uma década. Sou grata por cada gesto seu que contribuiu para eu me tornar quem sou; sem você, meu eu de hoje certamente não existiria.

Aos meus colegas de mestrado, por permitirem que esse período fosse menos solitário. Aos colegas Germana, Levi e Camila, minha gratidão. Aos meus companheiros de apartamento por uma semana em Granada, nas aventuras e desventuras dos cearenses na Europa para a apresentação dos trabalhos no XXII CILA, uma recordação inesquecível e divertida, que levarei comigo para sempre. Ao amigo Sombra, que guardarei no coração.

Aos irmãos de orientação, por serem sempre dispostos a ajudar e ensinar, e por tornarem o processo mais leve com as fofocas e a criatividade nas narrativas. Ao meu grande amigo, apaixonado por aeronaves e trens, irmão de orientação, colega de profissão e de turma, Jefferson: sem você, eu provavelmente não teria sobrevivido à primeira semana de aulas nem aos primeiros trabalhos, seminários e artigos. Obrigada por tanto, pelas incontáveis caronas, pelas ainda mais incontáveis mensagens de apoio nas noites mal dormidas e por dividir os perrengues comigo, sem nunca me deixar esquecer de rir.

Aos colegas que conheci ao longo dos anos de profissão. À Débora e ao André, por me ampararem em tudo, por compartilharem fofocas, lanches e confissões; por serem presentes e por me mostrarem que a amizade reside nas pequenas coisas do dia a dia. À Jaiane, cuja energia extrovertida me conquistou desde o início: obrigada por cada ida ao estádio e por cada gesto de amizade. À minha amiga Luíza, que apesar da correria do dia a dia está sempre presente e me faz rir, obrigada por ser tão incrível. A vocês, agradeço por me fazerem sentir que sempre terei pessoas torcendo por mim e com quem posso contar. Cito com carinho também Laíse e os amigos da Certare Engenharia e TPF Engenharia. Agradeço sinceramente a cada um que conviveu profissionalmente comigo neste período, aos que acreditaram, me deram forças e, principalmente, compartilharam sua amizade, fazendo-me acreditar que existem pessoas incríveis na engenharia.

Deixo meus sinceros agradecimentos à minha família, amigos e a todos que contribuíram para que este momento se tornasse possível. Agradeço por estarem ao meu lado, ouvindo-me, trazendo leveza aos dias difíceis e ajudando-me a chegar até aqui.

RESUMO

A manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos aeroportuários são essenciais para garantir a resistência à derrapagem, que impacta diretamente na segurança das operações de pouso e decolagem. Para atender às diretrizes da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os operadores de aeródromos devem realizar M&R de maneira a otimizar os escassos recursos financeiros e manter as condições ideais de segurança operacional. Nesse contexto, a Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) oferece uma avaliação racional para apoiar decisões de M&R, promovendo o uso eficiente dos recursos. Este estudo tem como objetivo avaliar estratégias de M&R voltadas à garantia da resistência à derrapagem em pistas de pouso e decolagem (PPD) brasileiras, com base na ACCV. Foram comparados, para três PPDs com diferentes revestimentos (concreto asfáltico, concreto asfáltico com *grooving* e camada porosa de atrito), três cenários de M&R, com foco na manutenção da resistência à derrapagem, avaliada pelo coeficiente de atrito. O estudo utilizou modelos preditivos baseados em dados históricos para estimar o comportamento do coeficiente de atrito e determinar o momento adequado para as intervenções em cada PPD. A avaliação econômica da ACCV foi realizada por meio do Valor Presente Líquido (VPL) de forma determinística e probabilística, considerando os custos diretos, e complementada por uma análise de custo-efetividade. Foi identificada uma redução do coeficiente de atrito nas três PPDs após a última reabilitação, indicando desgaste da textura superficial e sugerindo que a remoção de borracha isolada pode não ser suficiente, evidenciando a necessidade de M&R. Os resultados da ACCV mostraram que a manutenção preventiva é mais vantajosa, independentemente do tipo de revestimento, pois reduz custos e sua variabilidade, além de apresentar maior efetividade na preservação da resistência à derrapagem. A realização de reabilitações apenas quando o coeficiente de atrito está abaixo do nível mínimo, em contraste, ocasiona custos mais elevados e compromete a segurança operacional. A PPD com revestimento com *grooving* apresentou os melhores valores previstos de coeficiente de atrito, entretanto, ocasionou em maiores custos ao longo do ciclo de vida. A ACCV foi eficaz na avaliação econômica das estratégias de M&R direcionadas à garantia da resistência à derrapagem, permitindo a alocação eficiente dos recursos financeiros e contribuindo para a durabilidade dos revestimentos e para a segurança operacional.

Palavras-chave: aeroportos; coeficiente de atrito; manutenção e reabilitação; custos; Análise do Custo do Ciclo de Vida.

ABSTRACT

Maintenance and rehabilitation (M&R) of airport pavements are essential to ensure skid resistance, which directly impacts the safety of landing and takeoff operations. To comply with the guidelines set by the National Civil Aviation Agency (ANAC), airport operators must carry out M&R in a way that optimizes scarce financial resources while maintaining optimal operational safety conditions. In this context, Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) provides a rational framework to support M&R decisions, promoting the efficient use of resources. This study aims to evaluate M&R strategies focused on ensuring skid resistance on Brazilian runways, based on LCCA. Three M&R scenarios were compared for three runways with different surface treatments (asphalt concrete, grooved asphalt concrete, and porous friction course), focusing on maintaining skid resistance, as measured by the friction coefficient. The study used predictive models based on historical data to estimate the behavior of the friction coefficient and determine the appropriate timing for interventions on each runway. The economic evaluation using LCCA was carried out through Net Present Value (NPV) analysis, both deterministically and probabilistically, considering direct costs, and was complemented by a cost-effectiveness analysis. A reduction in the friction coefficient was observed in all three runways after the last rehabilitation, indicating surface texture wear and suggesting that isolated rubber removal may not be sufficient, thereby highlighting the need for M&R interventions. The LCCA results showed that preventive maintenance is more advantageous regardless of surface type, as it reduces both costs and their variability, in addition to being more effective in preserving skid resistance. Conversely, performing rehabilitations only when the friction coefficient falls below the minimum threshold results in higher costs and compromises operational safety. The runway with grooved asphalt concrete presented the highest predicted friction coefficient values; however, it incurred higher life-cycle costs. LCCA proved to be effective in the economic evaluation of M&R strategies aimed at ensuring skid resistance, enabling the efficient allocation of financial resources and contributing to pavement durability and operational safety.

Keywords: airports; friction coefficient; maintenance and rehabilitation; costs; Life-Cycle Cost Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Microtextura e macrotextura de revestimentos asfálticos	23
Figura 2 – Elementos do atrito ao deslizamento.....	23
Figura 3 – Condição do pavimento ao longo de sua vida útil	36
Figura 4 – Representação gráfica do fluxo de caixa.....	45
Figura 5 – Área delimitada pela curva de desempenho para estimativa da efetividade	48
Figura 6 – Etapas da ACCV para o contexto aeroportuário (ACRP)	49
Figura 7 - Fluxograma das etapas metodológicas do trabalho	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da macrotextura	30
Tabela 2 – Localização das medições de atrito.....	31
Tabela 3 – Frequência para medição de atrito	31
Tabela 4 – Frequência de remoção de borracha	32
Tabela 5 - Estratégias de M&R propostas para cada faixa de coeficiente de atrito	62
Tabela 6 - Distribuições para os parâmetros de entrada da ACCV probabilística.....	67
Tabela 7 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD A	70
Tabela 8 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD A.....	72
Tabela 9 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD B	80
Tabela 10 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD B.....	82
Tabela 11 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD C.....	89
Tabela 12 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD C.....	91
Tabela 13 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD A.....	97
Tabela 14 – Quantidade de intervenções previstas para a PPD A	99
Tabela 15 - Custo para manutenção dos terços da PPD A.....	100
Tabela 16 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD B.....	101
Tabela 17 - Quantidade de intervenções previstas para a PPD B	103
Tabela 18 - Custo para manutenção dos terços da PPD B.....	104
Tabela 19 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD C.....	105
Tabela 20 - Quantidade de intervenções previstas para a PPD C	106
Tabela 21 - Custo para manutenção dos terços da PPD C.....	107
Tabela 22 – Resultados da ACCV probabilística para as PPDs A, B e C.....	111
Tabela 23 – Média do coeficiente de atrito para as PPDs durante o período de análise	115
Tabela 24 – Relação Efetividade/Custo das estratégias avaliadas.....	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD A..	73
Gráfico 2 - Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD A	75
Gráfico 3 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD A.....	76
Gráfico 4 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD A.....	77
Gráfico 5 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD B..	83
Gráfico 6 – Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD B.....	84
Gráfico 7 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD B.....	86
Gráfico 8 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD B.....	87
Gráfico 9 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD C..	92
Gráfico 10 - Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD C	93
Gráfico 11 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD C	94
Gráfico 12 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD C.....	95
Gráfico 13 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD A.....	108
Gráfico 14 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD B.....	109
Gráfico 15 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD C.....	110
Gráfico 16 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD A.	112
Gráfico 17 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD B.	112
Gráfico 18 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD C.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACCV	Análise do Custo do Ciclo de Vida
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CA	Concreto Asfáltico
CPA	Camada Porosa de Atrito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i> (Administração Federal de Aviação – EUA)
IRI	<i>International Roughness Index</i> (Índice Internacional de Irregularidade)
LCCA	<i>Life Cycle Cost Analysis</i>
M&R	Manutenção e Reabilitação
NOTAM	<i>Notice to airmen</i> Aviso aos aeronavegantes
PCI	<i>Pavement Condition Index</i> (Índice de Condição do Pavimento)
PPD	Pista de pouso e decolagem
RBC	Relação Benefício-Custo
REC	Relação Efetividade-Custo
RLD	<i>Required Landing Distance</i> (Distância de aterrissagem necessária)
RNA	Rede Neural Artificial
RRI	<i>Runway Roughness Index</i> (Índice de irregularidade da pista)
SCI	<i>Structural Condition Index</i> (Índice de Condição Estrutural)
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SGPA	Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários
VAEU	Valor Anual Equivalente Uniforme
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Problema de Pesquisa	15
1.3	Justificativa	16
1.4	Objetivos	18
1.5	Estrutura do trabalho	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Avaliação funcional de pavimentos aeroportuários	19
2.2	Resistência à derrapagem de pavimentos aeroportuários	22
2.2.1	<i>Fatores que influenciam a resistência à derrapagem</i>	24
2.2.1.1	<i>Textura</i>	24
2.2.1.2	<i>Tipo de revestimento</i>	24
2.2.1.3	<i>Tráfego, tempo e condições climáticas</i>	27
2.2.1.4	<i>Presença de contaminantes</i>	28
2.2.2	<i>Avaliação da resistência à derrapagem</i>	29
2.3	Manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários	33
2.4	Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários	37
2.5	Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV)	38
2.5.1	<i>Custos considerados na ACCV</i>	41
2.5.2	<i>Técnicas de análise de viabilidade econômica</i>	44
2.5.2.1	<i>Valor Presente Líquido (VPL)</i>	45
2.5.2.2	<i>Valor Anual Equivalente Uniforme (VAEU)</i>	46
2.5.2.3	<i>Relação Benefício-Custo (RBC) e Relação Efetividade-Custo (REC)</i>	46
2.5.3	<i>Procedimento e tipos de ACCV</i>	48
2.5.3.1	<i>Etapa 1 – Definição do escopo</i>	49
2.5.3.2	<i>Etapa 2 – Definição da estrutura da Análise do Custo do Ciclo de Vida</i>	49
2.5.3.3	<i>Etapa 3 – Desenvolvimento das estratégias alternativas</i>	49
2.5.3.4	<i>Etapa 4 – Estimativa do desempenho do pavimento e período das M&R</i>	49
2.5.3.5	<i>Etapa 5 – Estimativa dos Custos Diretos/Operador do aeródromo</i>	50
2.5.3.6	<i>Etapa 6 – Estimativa dos Custos Indiretos/Usuário</i>	50
2.5.3.7	<i>Etapa 7 – Desenvolvimento dos Diagramas de Fluxo de Despesas</i>	50
2.5.3.8	<i>Etapa 8 – Cálculo dos custos do ciclo de vida</i>	50

2.5.3.9	<i>Etapa 9 – Análise e interpretação dos resultados</i>	50
2.5.3.10	<i>Etapa 10 – Reavaliação das estratégias</i>	50
2.5.4	<i>Análises de custos em pavimentos aeroportuários</i>	53
3	MÉTODO DE ANÁLISE	57
3.1	Descrição das pistas de pouso e decolagem avaliadas	57
3.2	Levantamento de dados e análise temporal do coeficiente de atrito	59
3.3	Estimativa da progressão temporal do coeficiente de atrito	60
3.4	Proposição e definição das estratégias comparativas	61
3.5	Estimativa dos custos de manutenção	63
3.6	Análise do Custo do Ciclo de Vida	65
3.7	Desempenho do coeficiente de atrito e Relação Efetividade-Custo (REC)	68
3.8	Análise e comparação dos resultados	68
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	69
4.1	Caracterização e análise das condições de resistência à derrapagem	69
4.1.1	<i>Condições da resistência à derrapagem da PPD A</i>	69
4.1.2	<i>Condições da resistência à derrapagem da PPD B</i>	79
4.1.3	<i>Condições da resistência à derrapagem da PPD C</i>	88
4.2	Análise Determinística do Custo do Ciclo de Vida	97
4.2.1	<i>ACCV determinística da PPD A</i>	97
4.2.2	<i>ACCV determinística da PPD B</i>	101
4.2.3	<i>ACCV determinística da PPD C</i>	105
4.2.4	<i>Análise de sensibilidade</i>	107
4.3	Análise Probabilística do Custo do Ciclo de Vida	111
4.4	Desempenho do coeficiente de atrito	114
4.5	Análise de Custo-Efetividade	116
5	CONCLUSÕES	117
5.1	Principais conclusões	117
5.2	Limitações da pesquisa	120
5.3	Sugestões para trabalhos futuros	121
	REFERÊNCIAS	123
	APÊNDICE A — COMPOSIÇÕES DE CUSTO: MICROFRESAGEM E EXECUÇÃO DE RANHURAS TRANSVERSAIS (GROOVING)	135
	APÊNDICE B — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD A	141

APÊNDICE C — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD B	159
APÊNDICE D — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD C	177
APÊNDICE E — ACCV DETERMINÍSTICA PARA A PPD A	182
APÊNDICE F — ACCV DETERMINÍSTICA PARA A PPD B	191
APÊNDICE G — ACCV DETERMINÍSTICA PARA A PPD C	200
APÊNDICE H — ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	203
APÊNDICE I — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD A.....	206
APÊNDICE J — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD B	213
APÊNDICE K — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD C	220
ANEXO A — COMPOSIÇÕES DE CUSTO DE M&R	225
ANEXO B — ÍNDICE DE REAJUSTAMENTO DE PREÇOS	228

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza o estudo e apresenta o problema de pesquisa e sua justificativa. Além disso, são descritos os objetivos geral e específicos e a estrutura desta dissertação.

1.1 Contextualização

O funcionamento adequado dos sistemas de transporte é essencial para o desenvolvimento socioeconômico, influenciando diretamente o cotidiano das sociedades. O transporte aéreo, em particular, é uma alternativa rápida e eficaz para o deslocamento de pessoas e cargas, em âmbito nacional e global. Com o aumento das operações aeroportuárias e o desenvolvimento de aeronaves maiores e mais pesadas, cresce o interesse pelo estudo da interação aeronave-pavimento. Isso envolve a análise da capacidade estrutural, desempenho funcional, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem, visando reforçar a segurança das operações de pouso e decolagem.

A segurança operacional dos pousos e decolagens depende do dimensionamento adequado dos pavimentos, considerando as cargas impostas, os materiais disponíveis e o clima local, bem como a realização oportuna e periódica das manutenções e reabilitações (M&R). Também é essencial monitorar continuamente as condições da pista de pouso e decolagem (PPD), especialmente os parâmetros que garantam a resistência à derrapagem. Isso evidencia a necessidade de investimentos contínuos na infraestrutura aeroportuária.

Os operadores de aeródromos devem garantir que a PPD esteja em condições seguras para evitar derrapagens, manter o controle direcional das aeronaves e preservar a integridade dos equipamentos (Brasil, 2023b). Nesse sentido, destaca-se a importância do monitoramento da irregularidade longitudinal, do coeficiente de atrito, da macrotextura e do acúmulo de borracha dos pneus das aeronaves decorrente das operações no revestimento. Em contrapartida, diante de recursos financeiros limitados, os operadores de aeródromos brasileiros, responsáveis por manter as condições operacionais e de segurança requeridas, enfrentam o desafio complexo de gerenciar de maneira eficiente e econômica o ciclo de vida dos pavimentos aeroportuários.

As decisões quanto aos investimentos em infraestrutura aeroportuária, desde a construção dos pavimentos à realização de M&R, são influenciadas pela disponibilidade de recursos humanos, materiais e, sobretudo, financeiros. No entanto, os recursos necessários para

a M&R dos pavimentos aeroportuários são consideráveis e nem sempre estão disponíveis em quantidades suficientes. Os Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) oferecem métodos objetivos para monitorar o desempenho, planejar, orçar e avaliar a relação custo-benefício das atividades de M&R dos pavimentos aeroportuários (Hein; Aho, 2011).

É importante que os operadores de aeródromos, apoiados pelos SGPA, ponderem aspectos técnicos e econômicos ao direcionar os materiais, equipamentos e recursos financeiros e humanos para seus investimentos, frequentemente restritos ou insuficientes. A Análise de Custo do Ciclo de Vida - ACCV (*Life-Cycle Cost Analysis - LCCA*) é uma ferramenta que pode auxiliar esse processo de tomada de decisão. A ACCV é empregada para estimar e comparar os custos totais, ao longo do ciclo de vida, de diferentes alternativas tecnicamente equivalentes de investimento em pavimentos (USA, 1998). Ao possibilitar a identificação da alternativa economicamente mais vantajosa, essa análise também incentiva a execução oportuna e adequada de intervenções de M&R, contribuindo, de modo indireto, porém relevante, para a preservação da segurança operacional.

A ACCV, portanto, contribui para a priorização de investimentos para a manutenção periódica e adequada das PPDs, promovendo o uso mais estratégico dos recursos financeiros limitados. Essa abordagem favorece a extensão da vida útil dos pavimentos e a continuidade das operações seguras.

1.2 Problema de Pesquisa

A degradação dos pavimentos causada pelo tráfego ou por práticas inadequadas de M&R pode comprometer a segurança operacional das PPDs e contribuir para a ocorrência de incidentes e acidentes envolvendo aeronaves (Oliveira; Almeida; Ramos, 2016). Uma das consequências diretas dessa deterioração é a redução da resistência à derrapagem, parâmetro fundamental para a eficácia da frenagem das aeronaves. Portanto, há a exigência de que os pavimentos aeroportuários sejam dimensionados com segurança e submetidos a M&R adequadas e regularmente programadas ao longo de sua vida útil.

Entretanto, observa-se, frequentemente, que as M&R das PPDs são realizadas apenas por necessidade imediata, quando surgem problemas evidentes, e de forma reativa, em vez da adoção de uma abordagem preventiva planejada a longo prazo (Irfan *et al.*, 2015; Arabali *et al.*, 2016; Babashamsi *et al.*, 2022b). Essa prática negligente compromete a tomada de decisões, a alocação eficaz de recursos e a preservação das condições do pavimento, impactando diretamente a segurança operacional e o ciclo de vida das PPDs.

Embora a análise de investimentos de longo prazo em pavimentos seja cada vez mais relevante no processo decisório (Abreu *et al.*, 2019), essa prática ainda é pouco explorada no contexto aeroportuário. Babashamsi *et al.* (2022b) mencionam a escassez de pesquisas sobre a programação de estratégias de M&R em pavimentos aeroportuários utilizando a ACCV, uma abordagem relativamente recente nesse contexto. Pittenger (2011) também observa a falta de estudos destinados a auxiliar os operadores de aeródromos a reduzir os impactos sociais, ambientais e econômicos das atividades de M&R em pavimentos aeroportuários.

Existe uma carência de estudos que abordem a gerência de pavimentos aeroportuários com foco em análises de longo prazo, como a ACCV, especialmente quanto à inclusão de indicadores como a resistência à derrapagem. Observa-se também uma lacuna nessa aplicação: a limitada consideração de indicadores relacionados à resistência à derrapagem, fator determinante para a segurança nas operações de pouso e decolagem.

1.3 Justificativa

A infraestrutura aeroportuária, especialmente os pavimentos das PPDs, desempenha um papel essencial na segurança e eficiência das operações aéreas. A avaliação contínua e a manutenção periódica dos pavimentos são essenciais para garantir que estes atendam às condições necessárias durante toda a sua vida útil planejada. Para isso, é fundamental que um SGPA disponha de ferramentas que permitam avaliar as condições superficiais dos pavimentos, facilitando o planejamento das M&R e a alocação eficaz de recursos financeiros.

A falta de manutenção adequada e a deterioração dos pavimentos podem aumentar os custos operacionais e, mais gravemente, comprometer a segurança das operações de pouso e decolagem, aumentando o risco de acidentes. Nesse contexto, é crucial monitorar periodicamente parâmetros como a irregularidade longitudinal, a resistência à derrapagem e o coeficiente de atrito, que são essenciais para a segurança. Além disso, é necessário garantir uma macrotextura adequada, uma drenagem eficiente e a remoção frequente de borracha acumulada. A manutenção adequada desses parâmetros é essencial para garantir a frenagem eficaz das aeronaves e prevenir incidentes durante pousos e decolagens — fases em que ocorrem metade dos acidentes fatais envolvendo aeronaves (Boeing, 2024).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabelece diretrizes e mínimas para o monitoramento da resistência à derrapagem, para a remoção de borracha acumulada e para ações de M&R quando os parâmetros estão inadequados (Brasil, 2020b). A tomada de decisão em infraestrutura aeroportuária, contudo, muitas vezes carece de análises

que considerem o desempenho e custos a médio e longo prazo. As decisões de M&R em aeródromos frequentemente são baseadas em exigências regulatórias, sem priorizar as ACCV ou outras práticas de gerência de pavimentos (Irfan *et al.*, 2015). Essa abordagem limitada pode resultar na alocação ineficiente de recursos (USA, 2014).

A ausência de análises adequadas de longo prazo, que considerem as implicações financeiras e operacionais das ações de M&R do pavimento, compromete a tomada de decisão, prejudicando a preservação dos revestimentos, a segurança operacional e gerência do ciclo de vida das PPDs. Além disso, o atraso na implementação das M&R pode exigir intervenções que resultem em impactos mais significantes nas operações aeroportuárias, além de aumentar os custos diretos (Pittenger, 2011). Um atraso na M&R pode elevar o custo total em até cinco vezes em comparação ao investimento necessário se a intervenção ocorresse no momento adequado (USA, 2014). Assim, a adoção de estratégias que permitam intervenções oportunas torna-se indispensável para reduzir riscos e prejuízos operacionais.

Sendo assim, é necessário otimizar as M&R das PPDs, especialmente em relação à resistência à derrapagem, que é diretamente associada à segurança das operações de pouso e decolagem. Devem ser priorizados métodos racionais para determinar o melhor momento para as intervenções, visando maximizar a eficiência econômica. A ACCV surge como uma ferramenta promissora nesse contexto, ao possibilitar análises que orientam o melhor momento para as intervenções. Contudo, sua aplicação em pavimentos aeroportuários ainda é incipiente.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de se aprimorar a tomada de decisão em investimentos na infraestrutura aeroportuária, especialmente no que diz respeito à gerência dos pavimentos e à consideração de parâmetros diretamente relacionados à segurança operacional. A análise das diferentes alternativas de manutenção para a resistência à derrapagem, combinada com a avaliação dos custos de ciclo de vida, proporciona uma abordagem mais completa para tomar decisões mais seguras e sustentáveis. Dessa forma, essa abordagem contribui para decisões mais assertivas e alinhadas às exigências regulatórias e operacionais do setor aeroportuário.

1.4 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é avaliar economicamente e tecnicamente, com base na Análise de Custos do Ciclo de Vida (ACCV), estratégias de manutenção e reabilitação (M&R) destinadas ao incremento da resistência à derrapagem em pistas de pouso e decolagem (PPD) brasileiras.

Podem ser citados como objetivos específicos:

- a) Avaliar a evolução temporal do coeficiente de atrito para determinar os momentos ideais para as intervenções de M&R, com base em modelos preditivos.
- b) Investigar as implicações técnicas e econômicas associadas aos diferentes tipos de revestimento das pistas de pouso e decolagem, considerando os custos do ciclo de vida e o desempenho do coeficiente de atrito;
- c) Analisar se as manutenções preventivas e as reabilitações reativas têm efeitos diferentes sobre os custos do ciclo de vida e o desempenho do coeficiente de atrito, avaliando sua eficácia na resistência à derrapagem.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Além deste capítulo introdutório, o segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica que aborda os principais conceitos relacionados ao assunto e que são relevantes para o entendimento do trabalho. O terceiro capítulo descreve os métodos utilizados para obtenção de dados e seu processo de análise. Os resultados obtidos, assim como sua análise e discussão, estão apresentados no quarto capítulo. O quinto capítulo, por fim, apresenta as conclusões do trabalho, assim como suas principais limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo deste capítulo é explorar e discutir as principais perspectivas da Análise de Custo de Ciclo de Vida (ACCV) aplicada à avaliação de pavimentos aeroportuários. Para isso, realizou-se um levantamento do estado da arte relacionado à avaliação funcional, à avaliação da resistência à derrapagem e à manutenção e reabilitação (M&R) desses pavimentos, bem como aos Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA). Além disso, são abordados os custos associados à manutenção da vida útil das pistas de pouso e decolagem (PPD) e tipos de abordagem da ACCV, oferecendo uma visão fundamentada dos temas tratados.

2.1 Avaliação funcional de pavimentos aeroportuários

Os pavimentos aeroportuários exigem consideráveis investimentos financeiros e recursos materiais, além de influenciar diretamente a segurança operacional. Comparados aos pavimentos rodoviários, contudo, essas estruturas têm características específicas que demandam considerações especiais no projeto, construção e manutenção.

Medina e Motta (2005) destacam diferenças significativas entre pavimentos rodoviários e aeroportuários, especialmente em características geométricas e tipo de tráfego. Ramos (2015) ressalta, também, que os pavimentos aeroportuários se diferenciam pela quantidade de repetições e pela existência do impacto do pouso.

Existem duas principais avaliações para pavimentos: a avaliação funcional e a estrutural. A vida estrutural refere-se ao número total de ciclos de carga que a estrutura pode suportar antes de falhar. Para sua avaliação, é necessário determinar o comportamento mecânico dos materiais das camadas do pavimento. A vida funcional, por sua vez, diz respeito ao período durante o qual o pavimento mantém um nível aceitável de serviço. As avaliações funcionais em pavimentos aeroportuários utilizam indicadores de desempenho, como o *Foreign Object Damage* (FOD - danos por objetos estranhos), resistência à derrapagem e irregularidades, que se relacionam com a segurança e o conforto. Além disso, um pavimento pode ainda ter vida funcional considerável mesmo após falhar estruturalmente (USA, 2021).

A avaliação dos defeitos funcionais do pavimento é necessária para que as intervenções de M&R possam ser planejadas adequadamente, assegurando a continuidade e segurança das operações do aeródromo. Para avaliar a condição dos pavimentos, dentre os diversos indicadores disponíveis, um dos mais utilizados é o Índice de Condição do Pavimento (*Pavement Condition Index* – PCI), desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos

EUA (*United States Army Corps of Engineering – USACE*). A ANAC recomenda, nacionalmente, a utilização do PCI para avaliar a condição geral dos pavimentos, com base na quantidade e severidade dos defeitos (Brasil, 2020a).

No ambiente aeroportuário, os serviços de manutenção são tradicionalmente escolhidos com base no PCI (Tarefder; Rahman, 2016). No entanto, embora o PCI tenha uma aplicação estabelecida internacionalmente, no Brasil, ele se tornou obrigatório apenas em 2020, o que limita a disponibilidade de dados e dificulta a criação de modelos preditivos baseados em informações acumuladas ao longo do tempo.

Há de se destacar, contudo, que existe certa subjetividade no PCI, pois sua determinação envolve a classificação dos defeitos e suas respectivas severidades. Em relação a análises de custos, alguns autores utilizaram o PCI como índice de avaliação da condição do pavimento e, conseqüentemente, como parâmetro para propor suas estratégias de M&R. Podem ser citados: Tighe *et al.* (2004); Rahman e Tarefder (2012); Irfan *et al.* (2015); Durán (2015); Tarefder e Rahman (2016); Nascimento e Silva (2021); Synovec e Howard (2021); Ragusa, Costa e Di Graziano (2022) e Babashamsi *et al.* (2022b). Para a utilização do PCI como indicador da necessidade de M&R é essencial possuir métodos para sua predição. A literatura indica de forma recorrente o uso do *software* Paver.

Pode ser necessário, também, prever o incremento do PCI após uma intervenção de M&R. Nesse sentido, Nascimento e Silva (2021) propõem um valor para o aumento no PCI a cada M&R, enquanto Babashamsi *et al.* (2022b) definem tanto a extensão da vida útil quanto o incremento no PCI. Ambos os estudos comparam cenários de proposição de M&R, um com um nível mais permissivo e outro com um nível mais conservador em relação ao limite aceitável. Em ambos os casos, o cenário mais conservador se mostra mais econômico, devido ao uso de estratégias de M&R rotineiras. Esse resultado é consistente com a discussão apresentada por Synovec e Howard (2021).

Outro parâmetro da avaliação funcional é a irregularidade longitudinal. A irregularidade longitudinal é a soma dos desvios da superfície do pavimento em relação a um plano de referência ideal (Sayers; Karamihas, 1998). Esse parâmetro afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e a drenagem superficial. A medição da irregularidade longitudinal é importante pois está relacionada aos quatro principais parâmetros funcionais: economia, rapidez, segurança e conforto. Dessa forma, a irregularidade longitudinal reflete as condições gerais da superfície, resultantes de diversos defeitos do pavimento.

O indicador a ser utilizado, a frequência de medição e o limite de aceitabilidade para a irregularidade longitudinal nos aeródromos são definidos pelos órgãos reguladores de

cada país. No Brasil, a ANAC (Brasil, 2023a) exige que a irregularidade nos aeródromos seja monitorada por valores na escala do Índice Internacional de Irregularidade (*International Roughness Index* - IRI). A frequência mínima de medição é determinada em função da quantidade de pousos do aeródromo (Brasil, 2020b). O limite de aceitabilidade adotado é o valor de 2,5 m/km reportados a cada 200m, para as PPD, e as seções de levantamento dependem da aeronave com maior letra do código em operação no aeródromo (Brasil, 2023a).

A análise da irregularidade longitudinal em pavimentos aeroportuários difere da rodoviária, principalmente porque o desconforto dos passageiros não é tão relevante (Emery; Hefer; Horak, 2015). A principal preocupação é o desconforto causado pela aceleração vertical excessiva na cabine do piloto, que pode afetar a precisão de leitura dos instrumentos aeronáuticos. As irregularidades também podem aumentar a distância de parada em emergências (*rejected takeoff*) e causar danos aos trens de pouso ou à estrutura da aeronave, aumentando a fadiga estrutural da aeronave e comprometendo a segurança das operações.

Na análise de custos de pavimentos rodoviários, a irregularidade longitudinal é utilizada para avaliar o custo-benefício (Chen *et al.*, 2017). Isso ocorre devido à sua relação com a qualidade do rolamento, segurança, velocidade, consumo de combustível, emissões e custos operacionais, fatores que influenciam as decisões sobre ações de M&R. No entanto, há uma carência da avaliação de custo-benefício da irregularidade longitudinal no contexto aeroportuário. Kulikowski (2017) atribui essa lacuna ao curto período de interação pneu-pavimento nas operações de pouso e decolagem.

Rahman e Tarefder (2012) correlacionaram dados de IRI e taxas de acidentes em aeródromos no Novo México. Para os casos avaliados, os acidentes dependeram mais da operação e do comprimento da pista que do IRI. Infere-se, portanto, que o impacto da irregularidade longitudinal nos custos de manutenção e no risco de acidentes (custo indireto) pode ser distinto para pavimentos rodoviários e aeroportuários.

Kulikowski (2017) conduziu uma Análise de Ciclo de Vida (ACV), focando no consumo de combustível e no impacto do aumento do IRI em termos de aquecimento e consumo de energia. Ainda no contexto aeroportuário, Durán e Fernandes Júnior (2020) compararam limites de IRI e concluíram que a tomada de decisão quanto às estratégias de M&R depende do limite selecionado, discutindo que o limite atual adotado pelo órgão regulador pode levar a propostas desnecessárias de M&R. Carneiro, Durán e Oliveira (2023) compararam estratégias de M&R baseadas no IRI para uma PPD ao longo de 20 anos e determinaram que um nível mais conservador para a condição do pavimento reduz os custos totais.

2.2 Resistência à derrapagem de pavimentos aeroportuários

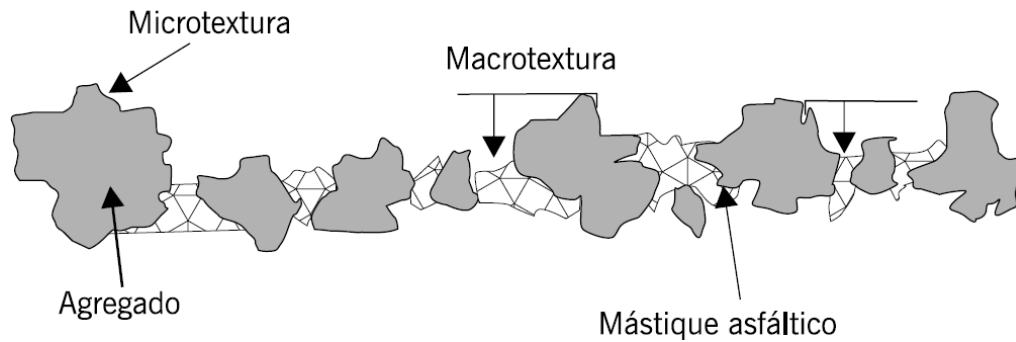
A aderência pneu-pavimento está relacionada à resistência à derrapagem, o que a torna uma característica relevante para a segurança durante pousos e decolagens. Por isso, operadores de aeródromos, autoridades de aviação civil e outros envolvidos devem realizar avaliações, seguir as regulamentações em vigor e determinar a necessidade de intervenções de M&R para garantir que o pavimento atenda aos requisitos mínimos de segurança.

No relatório estatístico de acidentes com aeronaves a jato comerciais de Boeing (2024) é destacado que, entre 2014 e 2023, 50% dos acidentes fatais ocorreram durante o pouso ou decolagem, ou seja, em fases em que as aeronaves estão sobre a PPD. Esses dados indicam a importância de assegurar condições adequadas de resistência à derrapagem e da necessidade de se compreender os fatores que influenciam a interação pneu-pavimento. Nesse contexto, os profissionais responsáveis pela pavimentação de aeroportos devem garantir que a resistência à derrapagem seja mantida em níveis satisfatórios para minimizar a probabilidade de excursões de pista, uma vez que deficiências nesse aspecto são umas das principais causas desses acidentes (Fwa, 2024; Liu; Wang; Wan, 2024).

A resistência à derrapagem é fundamental para a mobilidade e o controle direcional dos veículos, sendo uma propriedade física resultante da força de contato entre os pneus e a superfície da camada de rolamento do pavimento. Essa resistência é influenciada, principalmente, por dois fatores: atrito e textura do revestimento.

O atrito, medido pelo coeficiente de atrito, permite que as aeronaves acelerem durante a decolagem e desacelerem após o pouso. Sua deficiência pode resultar em derrapagens, deslizamentos ou hidroplanagens. A textura do revestimento, por sua vez, subdivide-se em microtextura e macrotextura. A microtextura refere-se à rugosidade individual das partículas do agregado, sendo invisível a olho nu. A macrotextura, visível e relacionada à granulometria dos agregados, está associada à drenabilidade do revestimento, colaborando para a drenagem eficiente da água superficial e auxiliando na prevenção da hidroplanagem. A Figura 1 ilustra os conceitos de microtextura e macrotextura em revestimentos asfálticos.

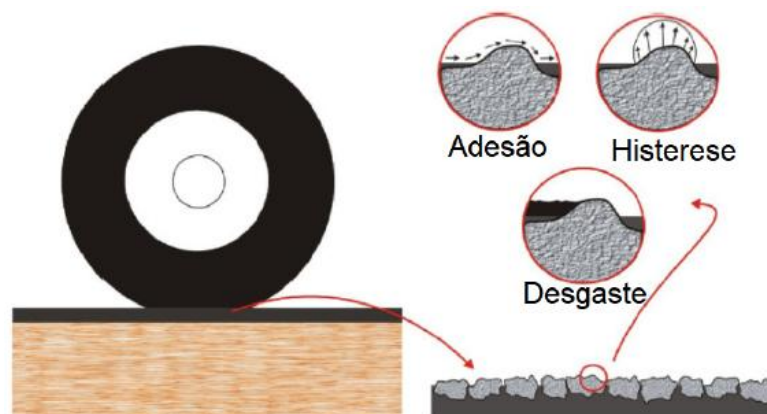
Figura 1 – Microtextura e macrotextura de revestimentos asfálticos



Fonte: Bernucci *et al.* (2022)

Durante o processo de frenagem, a resistência à derrapagem é influenciada por três elementos principais: adesão, histerese e desgaste. A adesão refere-se às interações entre a borracha do pneu e o agregado do revestimento, sendo influenciada por fatores como a velocidade de deslizamento, a composição da borracha, a microtextura da superfície e a presença de contaminantes (Rodrigues Filho, 2006; Silva, 2008). A histerese está relacionada ao atrito ocasionado pela deformação do pneu em contato com a superfície, particularmente devido à macrotextura do revestimento, e é diretamente proporcional à velocidade de deslizamento. O desgaste, por sua vez, ocorre pela remoção de partículas da borracha do pneu, que se acumulam na rugosidade da superfície, um processo conhecido como emborrachamento (Rodrigues Filho, 2006). A Figura 2 ilustra os elementos da interface pneu-pavimento.

Figura 2 – Elementos do atrito ao deslizamento



Fonte: Silva (2008).

2.2.1 Fatores que influenciam a resistência à derrapagem

A resistência à derrapagem é influenciada por alguns fatores, tais como textura superficial e tipo dos revestimentos, características dos pneus (tipo, dimensões, ranhuras, e pressão de inflação) e sistema de freios das aeronaves.

2.2.1.1 Textura

A textura dos revestimentos é um dos aspectos influentes da resistência à derrapagem. Ela pode ser classificada em quatro categorias, com base no comprimento de onda entre dois picos ou depressões na superfície: microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade. A megatextura e a irregularidade são as texturas com maior comprimento de onda, o que influencia a dinâmica veicular e o contato entre o veículo e pavimento. Essas classes de texturas podem prejudicar a estabilidade direcional e a aderência, especialmente em pistas molhadas (Bernucci *et al.*, 2022).

No entanto, quando se trata da caracterização da resistência à derrapagem, a avaliação da textura da superfície concentra-se particularmente na microtextura e na macrotextura. A microtextura é o principal fator responsável pela resistência à derrapagem de aeronaves que operam em baixas velocidades, enquanto a macrotextura proporciona propriedades de atrito para aeronaves em altas velocidades.

2.2.1.2 Tipo de revestimento

A resistência à derrapagem é influenciada pelo tipo de revestimento. Revestimentos porosos, com agregados ásperos, possuem textura que facilita a drenagem da água superficial e eleva o coeficiente de atrito em comparação aos revestimentos convencionais de concreto asfáltico. Para aprimorar a resistência à derrapagem, nos pavimentos aeroportuários são frequentemente utilizadas soluções como a Camada Porosa de Atrito (CPA) ou o *grooving*, que permitem melhores condições de resistência à derrapagem em pavimentos molhados e reduzem o risco de aquaplanagem (Pasindu; Fwa; Ong, 2012)

A distinção entre os tipos de revestimentos é reconhecida a ponto da ANAC (Brasil, 2020c) regulamentar o uso de créditos de desempenho para aeródromos com revestimentos antiderrapantes, como *grooving* ou CPA. Esse benefício permite que aeródromos operem em pistas molhadas sem a necessidade de aplicar a margem de segurança na *Required Landing Distance* (RLD), distância necessária para pousar e parar uma aeronave.

A CPA é uma mistura asfáltica com agregados de tamanhos semelhantes, criando uma estrutura com vazios interconectados e alta capacidade de drenagem. O *grooving*, por sua vez, consiste na realização de ranhuras transversais à PPD com o objetivo de reduzir a distância de frenagem em condições de presença de lâmina d'água.

Aps (2006) aponta que os revestimentos de SMA (*Stone Matrix Asphalt* ou Matriz Pétreo Asfáltica), que contêm uma maior quantidade de agregados graúdos, proporcionam uma macrotextura superior em relação aos revestimentos de concreto asfáltico modificado com borracha. Nesse mesmo sentido, McDaniel *et al.* (2010) observaram o desempenho do coeficiente de atrito em trechos de rodovias estadunidenses compostos por três tipos de revestimentos: (i) Concreto Asfáltico, (ii) SMA e (iii) CPA. Antes da abertura ao tráfego, os trechos com SMA e CPA apresentaram menores índices de atrito, o que foi atribuído à menor microtextura característica de pavimentos novos, devido à fina película de asfalto que cobre os agregados. Após o início do tráfego, no entanto, o trecho com concreto asfáltico apresentou os menores valores de atrito. Esses resultados confirmam a tendência de que revestimentos menos porosos e mais lisos oferecem menor resistência à derrapagem.

A comparação entre os revestimentos de SMA, CPA e concreto asfáltico para resistência à derrapagem também foi abordada por Zheng *et al.* (2018) e Zhu *et al.* (2021). Zheng *et al.* (2018), utilizando modelos de elementos finitos, analisaram a hidroplanagem e observaram que a aderência pneu-pavimento diminui com o aumento da velocidade, em todos os tipos de revestimento. Contudo, o CPA apresentou maior resistência à derrapagem, mesmo sob película d'água e altas velocidades, enquanto o concreto asfáltico teve o pior desempenho.

Zhu *et al.* (2021), por sua vez, constataram que o coeficiente de atrito diminui com o aumento do desgaste, para os três revestimentos. Assim como Zheng *et al.* (2018), os autores observaram que o CPA teve o melhor comportamento em relação à resistência à derrapagem. Apesar de o coeficiente de atrito do revestimento em CPA ser maior sob diferentes taxas de desgaste, os três revestimentos analisados apresentaram desempenho crítico após certa taxa de desgaste. Além disso, o coeficiente de atrito diminui com o aumento da velocidade de pouso da aeronave. Em pavimentos com lâmina d'água, as diferenças no coeficiente de atrito entre os revestimentos foram menores em comparação aos pavimentos secos.

A literatura também investigou revestimentos com ranhuras transversais. Ong e Fwa (2006) desenvolveram um modelo tridimensional para simular a hidroplanagem em diferentes revestimentos. O estudo indicou que, em revestimentos com *grooving*, a hidroplanagem ocorre não apenas com maior profundidade de lâmina d'água, mas também com maior velocidade da aeronave.

Pasindu, Fwa e Ong (2012) propuseram uma abordagem para avaliar a resistência à derrapagem de PPD com revestimento em *grooving* em condições úmidas, utilizando simulação de elementos finitos. O método considerou diferentes espessuras da película de água, carga e pressão dos pneus. Verificou-se que, em geral, a resistência à derrapagem diminui com a velocidade e com o aumento da espessura da película de água. Revestimentos em *grooving* oferecem melhor desempenho em comparação aos revestimentos lisos convencionais, independentemente da espessura da película de água.

Costa, Castelo Branco e Freitas (2017) avaliaram a resistência à derrapagem, utilizando o pêndulo britânico, em diferentes tipos de revestimento de rodovias e pistas de pouso e decolagem. Os revestimentos com *grooving* apresentaram melhor desempenho, embora o emborrachamento tenha diminuído os valores de ensaio em aproximadamente um terço.

A influência da lâmina de água em PPD com *grooving* foi avaliada em estudos como o de Qian e Wang (2022), que afirmam que condições de inundação reduzem a resistência à derrapagem e aumentam a distância de frenagem da aeronave. Utilizando uma modelagem tridimensional pneu-água-pavimento, foi demonstrado que o desgaste do pneu reduz o coeficiente de atrito, aumentando a distância de frenagem em até 50%. Além disso, o desgaste do pneu e a espessura da película de água impactam a força de atrito em pistas molhadas.

Jiang, Chen e Wang (2023) avaliaram o impacto da dimensão das ranhuras do *grooving* na profundidade da película de água e na resistência à derrapagem de uma PPD. Os resultados mostraram que uma menor profundidade de ranhura está associada a uma película de água mais espessa e um menor coeficiente de atrito. Além disso, os autores perceberam que o efeito da profundidade da ranhura é mais significativo próximo à linha central da pista, o que eleva o risco de segurança durante o pouso em casos de ocorrência de desvios da aeronave. Os autores consideram que as simulações realizadas podem colaborar a determinar o limite de dimensões das ranhuras para manutenção do revestimento, considerando condições de chuva, operação da aeronave e geometria da PPD.

As dimensões das ranhuras em revestimentos aeroportuários com *grooving* para definição dos limites de manutenção também foram avaliadas por Jiang e Wang (2023). Com a avaliação realizada, concluiu-se que revestimentos com *grooving* trapezoidal apresentam coeficientes de atrito semelhantes aos com ranhuras retangulares (formato regulamentado pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos – FAA). Além disso, os coeficientes de atrito variaram conforme os ângulos das ranhuras e o espaçamento entre elas. Os resultados evidenciam que existem efeitos dos depósitos de borracha e da deterioração das ranhuras na resistência à derrapagem.

Liu *et al.* (2023) refletem que a deterioração das ranhuras do *grooving* e o acúmulo de contaminantes reduzem suas dimensões efetivas, impactando negativamente a segurança. Em seu estudo, os efeitos desses fatores na resistência à derrapagem foram avaliados por simulações com a aeronave B777. Determinou-se que a profundidade mínima das ranhuras é de 3 mm. Além disso, concluiu-se que revestimentos convencionais sem *grooving* não oferecem margem de segurança adequada contra hidroplanagem ou derrapagem para aeronaves que pousam a 200 km/h ou mais, especialmente em pavimentos polidos e com película de água superior a 3 mm.

Cui, Chu e Fwa (2024) avaliaram o efeito do polimento/desgaste na resistência à derrapagem, comparando revestimentos ranhurados e não ranhurados. Foi constatado que superfícies ranhuradas sofrem polimento mais intenso que as não ranhuradas, e a vantagem inicial de resistência à derrapagem das ranhuras pode ser significativamente reduzida ao longo do tempo. As descobertas indicam que, embora as ranhuras ajudem a aliviar a pressão hidrodinâmica em pavimentos molhados, essa vantagem diminui com o desgaste.

Os efeitos combinados do tipo de ranhura, espessura da película de água e peso de pouso no desempenho da resistência à derrapagem foram avaliados por Liu, Wang e Wan (2024). Os resultados indicaram que a resistência à derrapagem do pavimento não ranhurado ficou abaixo da média dos parâmetros estabelecidos pela FAA. Além disso, a resistência à derrapagem apresentou correlação positiva com as dimensões do revestimento ranhurado e o peso de pouso, mas correlação negativa com a espessura da película de água.

2.2.1.3 Tráfego, tempo e condições climáticas

O coeficiente de atrito de uma pista sofre variações ao longo do tempo, independentemente do tipo de revestimento, sendo influenciado por fatores como tráfego e condições climáticas. De acordo com Do *et al.* (2009), a exposição ao tráfego é um fator que afeta negativamente a resistência à derrapagem, pois remove a película de ligante sobre os agregados, desprotegendo-os e polindo-os.

Kane *et al.* (2010) investigaram o impacto do tempo no coeficiente de atrito de rodovias e constataram que, para as amostras de asfalto retiradas de trechos não trafegados, o parâmetro apresenta um aumento acentuado nos primeiros períodos, alcançando um pico e uma posterior estabilização aparente. Assim, os autores consideram que o envelhecimento deve ser considerado no projeto de pavimentos asfálticos, levando em conta a possível evolução da resistência à derrapagem.

Ainda segundo Kane *et al.* (2010), imediatamente após a construção do revestimento observa-se um aumento na resistência à derrapagem devido à erosão do filme inicial de ligante, o que expõe gradualmente a microtextura dos agregados. Inicia-se, então, o processo de polimento dos agregados, o qual é intensificado pelo tráfego, resultando em uma superfície progressivamente mais escorregadia. Portanto, conclui-se que a resistência à derrapagem evolui ao longo da vida útil do pavimento, em decorrência da evolução da textura superficial, influenciada por fatores como a remoção e o envelhecimento dos ligantes, o polimento dos agregados devido ao tráfego e as variações sazonais.

Além disso, em termos gerais, o coeficiente de atrito tende a diminuir com o aumento da temperatura do ar ou do pneu (Kane *et al.*, 2010). A temperatura influencia a resistência à derrapagem devido ao comportamento viscoelástico da borracha dos pneus e dos materiais betuminosos, que são sensíveis a variações térmicas devido à contribuição histórica do atrito. Assim, fatores sazonais que justificam as variações na resistência à derrapagem incluem a temperatura, as mudanças na microtextura do revestimento e a frequência de chuvas. Nesse sentido, Anupam *et al.* (2013) investigaram a influência da temperatura do pavimento, do ar e do ar contido no interior do pneu sobre o coeficiente de atrito e concluíram que, quanto maiores as temperaturas, menor era o coeficiente de atrito.

2.2.1.4 Presença de contaminantes

Alguns contaminantes podem se acumular nas superfícies do pavimento, reduzindo sua resistência à derrapagem. Substâncias como borracha, pó, combustível, óleo, água, neve, gelo e lama diminuem a resistência à derrapagem e preenchem vazios do revestimento, afetando a frenagem e o controle direcional da aeronave ao impedir o escoamento adequado da água. A presença de contaminantes nas PPDs favorece a ocorrência de hidroplanagem, aumentando o risco de acidentes. Dentre os diversos contaminantes, os depósitos de borracha são os mais comuns nas PPDs e o acúmulo de borracha ocorre com maior frequência nas zonas de contato das aeronaves durante o pouso.

Nesse sentido, Silva (2008) observou que o acúmulo de borracha em uma PPD com *grooving* compromete a segurança das operações. Análises estatísticas confirmaram que a remoção de borracha por hidrojateamento melhorou a profundidade da macrotextura do revestimento. O autor constatou também que a aderência foi três vezes superior após a remoção do acúmulo de borracha.

O impacto do acúmulo de borracha na PPD do Aeroporto Internacional de Kaohsiung, localizado em Taiwan, foi investigado por Chen *et al.* (2008). Os autores observaram depósitos de borracha nos primeiros 200 m a partir da cabeceira, com acúmulos mais significativos nos trechos entre 500 m e 1.000 m, resultando em menores coeficientes de atrito. Posteriormente, para o mesmo aeroporto, Chen *et al.* (2013) realizaram um estudo que revelou que o coeficiente de atrito na PPD varia conforme a localização da medição, com as zonas de toque das aeronaves apresentando valores abaixo dos limites recomendados. Os resultados desses estudos sugerem que a presença de borracha acumulada exerce influência direta na redução do coeficiente de atrito e que a remoção do acúmulo de contaminantes colabora para a melhoria do coeficiente de atrito.

Leocádio (2014) amplia essa discussão ao afirmar que pavimentos novos, com macrotextura aberta e microtextura rugosa, oferecem melhor atrito na presença de lâmina d'água. Em contraste, pavimentos desgastados e contaminados tendem a exigir maiores distâncias de frenagem devido à redução da histerese e da adesão.

Sales, Oliveira e Prado (2022) avaliaram a influência da remoção do acúmulo de borracha nas condições de resistência à derrapagem de PPD em três aeroportos brasileiros, cada um com um tipo diferente de revestimento: (i) concreto asfáltico, (ii) com *grooving* e (iii) CPA. O estudo analisou dados de coeficiente de atrito e profundidade de macrotextura e concluiu que a remoção de borracha é eficaz para manter as condições de resistência à derrapagem dos pavimentos, embora não resulte em aumentos significativos nos valores dos parâmetros avaliados. Os autores também concluíram que a remoção do acúmulo de borracha resulta em reações distintas, dependendo do tipo de revestimento. Vale destacar que, em revestimentos com *grooving*, o impacto dos depósitos de borracha na resistência à derrapagem é mais complexo, pois esses depósitos podem alterar as larguras e profundidades das ranhuras (Yeung *et al.*, 2019).

2.2.2 Avaliação da resistência à derrapagem

Considerando que o coeficiente de atrito e a textura do revestimento estão diretamente relacionados à resistência à derrapagem, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabelece valores mínimos para a profundidade de macrotextura e o coeficiente de atrito das PPDs brasileiras. A ANAC também estabelece a forma de monitoramento desses parâmetros, definindo a localização e a frequência das medições.

Segundo a ANAC, o operador de aeródromo deve monitorar a profundidade da macrotextura realizando medições por meio do ensaio volumétrico do tipo mancha de areia (Brasil, 2023a). Este método utiliza areia padronizada, a qual é distribuída de maneira uniforme, em formato circular, sobre uma área da superfície do revestimento. O resultado obtido consiste na determinação da distância média entre os picos e vales da macrotextura do pavimento, ou seja, a profundidade da macrotextura. Esse valor é calculado por meio da divisão do volume de areia utilizado pela área sobre a qual a areia foi espalhada.

Brasil (2023a) também determina que o monitoramento da profundidade de macrotextura seja realizado em toda a extensão da PPD, a 3 metros do eixo da pista e alternando o lado de medição a cada 100 metros, em áreas sem *grooving*. A frequência mínima de medições é definida com base na média de pousos na cabeceira predominante (Brasil, 2020b). A profundidade média da macrotextura deve ser calculada para cada terço da pista e classificada conforme a recomendação, variando de muito fechada (até 0,2 mm) a muito aberta (acima de 1,2 mm), conforme Tabela 1, sendo 0,60 mm o valor mínimo exigido.

Tabela 1 – Classificação da macrotextura

Profundidade (mm)	Classificação
$P \leq 0,2$	Muito fechada
$0,2 < P \leq 0,4$	Fechada
$0,4 < P \leq 0,8$	Média
$0,8 < P \leq 1,2$	Aberta
$P > 1,2$	Muito aberta

Fonte: Brasil (2020b)

Não é exigida a medição da profundidade da macrotextura em áreas do revestimento que apresentem *grooving*. Outra exceção refere-se às PPD compostas por revestimento de CPA, nas quais a classificação da macrotextura deve ser muito aberta ($P > 1,2$ mm).

O coeficiente de atrito é calculado como a média aritmética dos valores obtidos a cada 100 metros, no mesmo lado e à mesma distância em relação ao eixo da PPD. A localização das medições do coeficiente de atrito nas PPD, conforme estabelecido pela Tabela 2, é determinada pela aeronave com a maior letra do código em operação no aeródromo. Essas medições podem ser realizadas utilizando diferentes equipamentos, os quais variam em termos de limites de manutenção e valores mínimos (Brasil, 2023a).

Tabela 2 – Localização das medições de atrito

Letra do código	Localização da medição
A, B ou C	3 m do eixo da pista
D, E ou F	3m e 6 m do eixo da pista

Fonte: Brasil (2023a)

Entre os equipamentos utilizados para a medição do coeficiente de atrito, destacam-se os de roda bloqueada, roda oblíqua e roda parcialmente bloqueada. No caso dos equipamentos de roda oblíqua, um exemplo de utilização frequente no Brasil é o *Mu-meter*, que opera a 65 km/h, com valores mínimos e de manutenção de 0,42 e 0,52, respectivamente. Quanto aos equipamentos de roda parcialmente bloqueada, estes realizam o registro contínuo do coeficiente de atrito, operando com um deslizamento fixo, como o Grip Tester, também operado a 65 km/h, com limites mínimos e de manutenção de 0,43 e 0,53, respectivamente.

A frequência das medições também é determinada com base na média de pousos diários (Brasil, 2020b), como apresentado na Tabela 3. As medições devem ser iniciadas pela cabeceira predominante em quantidade de operações de pouso e devem abranger toda a extensão operacional da PPD.

Tabela 3 – Frequência para medição de atrito

Média de pousos diários de aeronaves de asa fixa com motor à reação, na cabeceira predominante, no último ano	Frequência de medições de atrito
Menos de 15	Cada 360 dias
16 a 30	Cada 180 dias
31 a 90	Cada 90 dias
91 a 150	Cada 60 dias
151 a 210	Cada 30 dias
Mais de 210	Cada 15 dias

Fonte: Brasil (2020b)

Se o coeficiente de atrito estiver abaixo do valor limite de manutenção, o operador do aeródromo deve informar à ANAC e descrever as ações planejadas para restaurar os níveis adequados. Essas ações geralmente se iniciam com a remoção de borracha acumulada e consequente retexturização do pavimento. Se o coeficiente de atrito atinge níveis inferiores ao nível mínimo, exige-se que o operador adote medidas para garantir a segurança operacional até que os riscos sejam reduzidos. Além disso, a ANAC recomenda que as ações adotadas sejam adequadas para restabelecer o coeficiente de atrito a níveis iguais ou superiores aos padrões de

manutenção. Também deve ser emitido um Aviso aos Aeronavegantes (*Notice to AirMen - NOTAM*) informando que a PPD possui trechos passíveis de estarem escorregadios quando úmidos, com coeficientes de atrito abaixo do mínimo estabelecido (Brasil, 2023a).

Como destacado, alguns contaminantes podem se acumular nas superfícies dos revestimentos, reduzindo sua resistência à derrapagem. A ANAC (Brasil, 2020b), portanto, orienta os operadores de aeródromos a monitorarem periodicamente o acúmulo de borracha e realizar a remoção conforme a frequência mínima estabelecida na Tabela 4. A remoção do acúmulo de borracha também deve ocorrer quando o coeficiente de atrito for inferior ao valor mínimo estabelecido para o nível de manutenção ou quando a profundidade da macrotextura for inferior ao nível mínimo. Entre os métodos de remoção do acúmulo de borracha, podem ser citados: hidrojateamento a alta pressão, remoção com uso de produtos químicos, remoção por impacto de alta velocidade e remoção mecânica.

Tabela 4 – Frequência de remoção de borracha

Média de pousos diários de aeronaves de asa fixa com motor à reação, na cabeceira predominante, no último ano	Frequência de remoção de borracha
Menos de 15	Cada 720 dias
16 a 30	Cada 360 dias
31 a 90	Cada 180 dias
91 a 150	Cada 120 dias
151 a 210	Cada 90 dias
Mais de 210	Cada 60 dias

Fonte: Brasil (2020b)

Em relação à análise do coeficiente de atrito e macrotextura, Oliveira e Nobre Júnior (2009) analisaram esses parâmetros no Aeroporto de Fortaleza e observaram que o primeiro terço, próximo à cabeceira predominante, apresenta deficiências nessas características em comparação aos outros terços. Chrispim (2022) observou um problema similar no primeiro terço da PPD do Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres onde o acúmulo de borracha resultou em uma profundidade de macrotextura abaixo da recomendada pela ANAC.

O coeficiente de atrito e a macrotextura ao longo de três anos em uma PPD com revestimento em CPA foi analisado por Quariguasi, Almeida e Oliveira (2018). No estudo, foi observada uma tendência de crescimento na macrotextura, não estatisticamente significativa. Na análise da macrotextura por terços da PPD, notaram que as cabeceiras apresentaram os menores valores, o que interpretaram como resultado da maior frequência de toque das aeronaves durante o pouso nessas áreas. Além disso, não foi encontrada correlação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito.

Bezerra Filho e Oliveira (2013) investigaram a relação linear entre a profundidade de macrotextura e o coeficiente de atrito da PPD do Aeroporto de Fortaleza, entre 2011 e 2012, encontrando coeficientes de correlação de 0,26 a 0,60. Em estudo subsequente, Pinheiro Neto, Oliveira e Aguiar (2015) realizaram análise similar no mesmo aeroporto, observando coeficientes de correlação variando de -0,08 a 0,52. Ramos *et al.* (2015), por sua vez, expandiram a pesquisa para os aeroportos de Fortaleza, Juazeiro do Norte e Petrolina e encontraram coeficientes de correlação entre 0,01 e 0,80. Os resultados indicam que a relação entre a profundidade de macrotextura e a resistência à derrapagem pode variar de nula a moderada. Contudo, devido à complexidade da resistência à derrapagem e diferenças na medição dos parâmetros, esses resultados não podem ser generalizados e uma correlação entre os índices não pode ser descartada.

Nesse contexto, Quariguasi, Oliveira e Soares e Reis (2021) desenvolveram um modelo de previsão para o coeficiente de atrito em PPDs utilizando uma Rede Neural Artificial (RNA). O estudo incluiu variáveis relacionadas às condições do pavimento, tráfego e clima. Entre as variáveis analisadas, o coeficiente de atrito medido pelo *Grip Tester*, a profundidade da macrotextura avaliada pelo ensaio da mancha de areia, as datas de remoção de borracha e a idade do pavimento mostraram o melhor ajuste para o modelo.

Maia, Sales e Oliveira (2022) avaliaram as condições de resistência à derrapagem de uma PPD brasileira antes e após uma obra de reabilitação. A macrotextura não apresentou melhorias significativas e o coeficiente de atrito oscilou, estabilizando apenas cinco meses após a conclusão da obra. Os autores atribuem essas características ao tipo de mistura asfáltica e ao seu processo inicial de conformação com o tráfego das aeronaves.

Em relação às análises de custos relacionadas à resistência à derrapagem, foi encontrada apenas a referência de Pittenger (2011). Ao comparar diferentes opções para restaurar o atrito da superfície de uma PPD, a escolha econômica entre microrrevestimento, lama asfáltica e jateamento dependeu diretamente da vida útil esperada de cada tratamento. Dessa forma, concluiu-se que a seleção dos serviços varia com os dados de entrada considerados.

2.3 Manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários

Ramos (2015) enfatiza a necessidade de monitorar o desempenho dos pavimentos para garantir a segurança nas operações de pouso, decolagem e taxiamento, apontando que esses pavimentos requerem maior exigência e controle na execução de M&R, para assegurar seu

desempenho funcional e estrutural. Butt *et al.* (2021) destacam, ainda, que os pavimentos de aeroportos sofrem impactos muito maiores que os das rodovias, mas com menos repetições de carga. Os autores também apontam diferenças na espessura das camadas, na seleção de materiais de pavimentação e na necessidade de minimizar as M&R para evitar a interrupção das operações. Essa tendência de se realizar menos M&R para evitar uma perda de receita também foi citada por Nascimento e Silva (2021) que afirmam que muitos operadores de aeroportos postergam a manutenção não diretamente associada à segurança operacional devido à necessidade de fechamento das pistas para sua execução.

Orabi e Shatila (2024) ressaltam que as M&R são essenciais para prolongar a vida útil dos pavimentos aeroportuários e garantir a segurança das aeronaves, mas que essas atividades afetam significativamente a capacidade da área de operação, podendo resultar na interrupção das operações do aeroporto. Os autores concluem que os atrasos na M&R permanecem como um dos principais desafios da gerência de pavimentos e que esse fenômeno é especialmente prevalente em países em desenvolvimento, pois as formas de agir ainda são baseadas em uma abordagem reativa devido às restrições orçamentárias.

A literatura sugere que, de maneira geral, devido aos atrasos e à perda de receita ocasionados, as M&R são frequentemente realizadas apenas por necessidade imediata e de forma reativa, conforme observado por Irfan *et al.* (2015), Arabali *et al.* (2016) e Babashamsi *et al.* (2022b). Irfan *et al.* (2015) e Babashamsi *et al.* (2022b) apontam que os operadores de aeródromos tendem a escolher as estratégias de M&R com base na experiência e em opções já familiares, sem considerar abordagens a longo prazo, o que pode resultar em gastos excessivos. Irfan *et al.* (2015) também destacam que, reiteradamente, as decisões de M&R são orientadas apenas pelas descrições das autoridades reguladoras, sem a ACCV e outras práticas de gerência. Ragusa, Costa e Di Graziano (2022) enfatizam que, embora a seleção de M&R deva considerar impactos técnicos, econômicos, operacionais e ambientais, apenas a questão econômica é avaliada, diminuindo a eficácia do processo.

O pavimento, no decorrer de sua vida útil, sofre degradações causadas pelas condições ambientais e solicitações do tráfego, o que compromete as propriedades mecânicas de suas camadas constituintes. As manutenções e reabilitações (M&R) são o conjunto de operações destinado a preservar, elevar ou recuperar as condições de desempenho do pavimento. Segundo Wang e Wang (2017), essas atividades visam reparar danos, retardar falhas e prolongar a vida útil do pavimento

Oliveira (2009) menciona que a degradação dos pavimentos devido a condições climáticas, tráfego e manutenção inadequada contribui para incidentes e acidentes com

aeronaves. Diante disso, é evidente que a garantia do desempenho dos pavimentos aeroportuários está relacionada à segurança das operações. No entanto, a tomada de decisões sobre M&R é influenciada pela limitação de recursos, uma vez que essas intervenções exigem altos custos, e os recursos disponíveis muitas vezes se mostram insuficientes (Oliveira, 2009; Gransberg; Pittenger, 2011; Souza; De Almeida Filho, 2020).

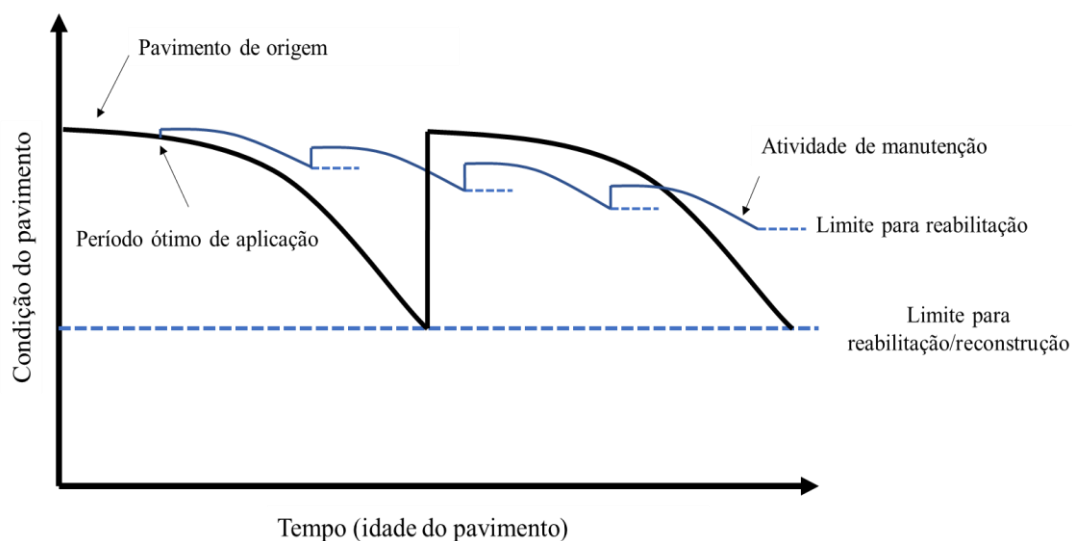
Para garantir a segurança, a ANAC estabelece parâmetros, exige a implantação de um SGPA e define que a manutenção das áreas pavimentadas visa assegurar a resistência à derrapagem, o controle direcional das aeronaves e a integridade dos equipamentos. As exigências incluem a avaliação estrutural e funcional, dos defeitos, desníveis, irregularidades longitudinais, atrito, macrotextura e acúmulo de borracha. Além disso, os pavimentos devem manter integridade devido ao risco de danos por objetos.

Há várias estratégias de M&R para a pavimentação asfáltica aeroportuária. A literatura, aqui salientados os apontamentos de ACRP (2011) e Irfan *et al.* (2015), destaca técnicas usuais para a manutenção de rotina, preventiva e reabilitação. A manutenção de rotina envolve métodos que preservam e retardam a deterioração do pavimento, como selagem de fissuras e juntas, aplicação de rejuvenecedores, além de reparos superficiais, correção de descolamentos e pequenos remendos. A manutenção preventiva abrange remendos de profundidade parcial ou total, selagem e fresagem aplicadas a áreas maiores, bem como a aplicação de microrrevestimentos ou revestimentos delgados. A reabilitação envolve técnicas que abrangem toda a seção do pavimento e aprimoram sua capacidade estrutural, como fresagem seguida de execução de revestimento asfáltico, reciclagem e reconstrução total.

Para corrigir problemas relacionados à perda de resistência à derrapagem, avaliada pelos parâmetros de textura superficial e coeficiente de atrito, alguns tratamentos também estão disponíveis. Entre eles estão a aplicação de lama asfáltica, microrrevestimentos, microfresagens, misturas do tipo CPA e matriz pétreas asfálticas (SMA), além da execução de ranhuras transversais no revestimento (*grooving*) e remoção de contaminantes.

Hein e Aho (2011) afirmam que a manutenção preventiva visa evitar a deterioração prematura do pavimento, retardar defeitos e prolongar sua vida útil de forma econômica. Arabali *et al.* (2016) complementam que a manutenção deve ocorrer quando o pavimento está em condição boa a razoável, evitando deterioração precoce. Segundo USA (2014), aplicar o tratamento no momento apropriado melhora a condição do pavimento e minimiza a necessidade de reparos dispendiosos futuros. A Figura 3 mostra o desempenho de um pavimento típico.

Figura 3 – Condição do pavimento ao longo de sua vida útil



Fonte: Adaptado de USA (2014)

Shahin (2005) e USA (2014) consideram que o atraso nos serviços de manutenção pode levar à imposição de vultosos dispêndios com a restauração do pavimento, da ordem de quatro ou cinco vezes mais onerosos que uma simples manutenção preventiva. Com isso, pode-se inferir que a condição do pavimento no momento de aplicação de manutenções influencia no custo total do ciclo de vida do pavimento e, também, na eficácia do tratamento.

Ainda assim, os custos do ciclo de vida dos pavimentos ainda não foram completamente explorados, ademais, quando se fala de abordagens em pavimentos aeroportuários as pesquisas são ainda mais escassas (Rahman; Tarefder, 2012; Tarefder; Rahman, 2016). Hein e Aho (2011) realizaram uma comparação entre cenários de manutenção em pavimento aeroportuário, um envolvendo a realização de manutenções preventivas e outro apenas com reabilitação. A alternativa com manutenção preventiva resultou em uma economia considerável de recursos, ratificando o que literatura preconiza.

A não realização ou o atraso das atividades de manutenção nos pavimentos, além de implicar em custos diretos mais elevados com uma reconstrução, podem elevar os custos indiretos, pois exige intervenções maiores que afetam mais significativamente as operações aeroportuárias (Pittenger, 2011). Nascimento e Silva (2021) compararam dois cenários para a M&R de uma PPD: o primeiro consiste em manter o PCI acima de 70, limite inferior da classificação satisfatória, e o segundo em realizar apenas uma reabilitação quando o pavimento atinge a classificação ruim. Os recursos necessários para o primeiro cenário foram cerca de cinco vezes menores que os necessários para uma única intervenção de maior porte. Além de

ter o custo direto menor, foi constatado que o primeiro cenário é mais vantajoso do ponto de vista dos custos indiretos.

Nesse sentido, Carneiro, Durán e Oliveira (2023) compararam alternativas de M&R em uma PPD brasileira e tiveram conclusões semelhantes. A alternativa que envolve a ausência de manutenções preventivas e corretivas e que inclui somente uma reabilitação mostrou-se duas vezes mais onerosa que àquela que considera a aplicação de manutenções preventivas.

2.4 Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários

O Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) é uma abordagem que utiliza procedimentos e ferramentas para auxiliar operadores de aeródromos e tomadores de decisões a monitorar e manter os pavimentos em condições operacionais, em um período específico. Além disso, o SGPA favorece a determinação de prioridades para construção, avaliação, planejamento e alocação de recursos. Seu principal objetivo é garantir a melhoria contínua da segurança operacional e do nível de serviço da infraestrutura aeroportuária, por meio da otimização e gerenciamento eficaz dos recursos disponíveis para as estratégias de M&R (Brasil, 2017a).

O SGPA está diretamente relacionado à tomada de decisões dos operadores de aeródromos, uma vez que essas decisões envolvem recursos financeiros limitados e a necessidade de M&R periódica. Ademais, a maior parte desses recursos é de origem pública e, portanto, deve ser utilizada de maneira eficiente para assegurar um retorno adequado à sociedade que, indiretamente, os financia (Oliveira, 2009). De acordo com Hein e Aho (2011), a eficácia de um programa de manutenção de pavimentos aeroportuários depende de recursos do SGPA, como a avaliação das condições, identificação e priorização das M&R. O SGPA também deve propor soluções econômicas para prolongar a vida útil do pavimento (Irfan *et al.*, 2015), visto que USA (2014) ressalta que a aplicação oportuna de uma M&R melhora a condição do pavimento e contribui para esse processo. Nessa perspectiva, Humphries e Lee (2015) afirmam que, para garantir a segurança e eficiência, os aeroportos devem ter SGPA para propor as atividades de manutenção preventiva e rotineira.

Um aspecto importante é que o gerenciamento adequado dos pavimentos aeroportuários colabora na estimativa dos custos com M&R, além de recomendá-las, facilitando a realização da ACCV. Nesse cenário, o objetivo do SGPA é maximizar os benefícios, com o menor custo possível, (Mohamed Zaki *et al.*, 2021) e garantir uma infraestrutura segura e eficiente para a operação das aeronaves (Hein; Aho, 2011). No entanto, a implementação de um

SGPA envolve custos relacionados a inventário, desenvolvimento e manutenção de banco de dados, além da aquisição ou desenvolvimento de *software* o que pode dificultar a implantação adequada desses sistemas nos aeródromos.

Esse contexto ainda foi discutido por Miah *et al.* (2020), que analisaram a implementação de SGPA por meio de regulamentações e procedimentos internacionais, destacando que a seleção do *software* depende dos recursos disponíveis. Os autores também observaram a limitação na literatura sobre SGPA, assim como Ragusa, Costa e Di Graziano (2022), em comparação aos sistemas de rodovias. Por sua vez, Moura *et al.* (2021) realizaram uma revisão sistemática sobre métodos de avaliação das condições, modelos de previsão e variáveis a serem monitoradas para pavimentos aeroportuários. Os autores apontam a existência de limitações e a necessidade de desenvolvimentos de novas pesquisas na área.

Segundo Durán (2015), para que o SGPA seja efetivo na tomada de decisão, é essencial que o sistema seja coerente e capaz de avaliar cenários e alternativas de M&R, compatíveis com a condição real. Nesse contexto, USA (2014) ressalta que o SGPA não deve se limitar à avaliação da condição atual do pavimento, mas também auxiliar na previsão de sua condição futura, utilizando indicadores apropriados. Esses aspectos demonstram a necessidade de que o SGPA seja sustentado por um banco de dados consistente, que permita a avaliação atual dos pavimentos e auxilie na estimativa das condições futuras da infraestrutura (Di Mascio; Moretti, 2019; Maia; Oliveira; Silva, 2023). É importante ressaltar que um modelo de deterioração apropriado e a ACCV possibilitam a determinação do momento ideal de aplicação das M&R, evitando custos mais elevados no futuro (USA, 2014).

Além de avaliar a condição atual e futura do pavimento e auxiliar na determinação da estratégia de M&R, o SGPA deve reconhecer o impacto de não realizar reparos, permitindo a realização de uma ACCV (USA, 2014). Dito isso, a aplicação de um SGPA pode ocorrer de duas formas: em nível de rede ou em nível de projeto. A gerência em nível de rede está relacionada às necessidades orçamentárias de curto, médio e longo prazo. Este nível foca na definição de prioridades e na escolha da melhor estratégia de M&R, considerando também o contexto econômico. Em contraste, a gerência em nível de projeto se concentra nas decisões para seções específicas do pavimento. Assim, o nível de rede é o mais relevante para a ACCV.

2.5 Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV)

Nesta pesquisa, utilizou-se o apoio de ferramentas de levantamento bibliométrico. A plataforma *Web of Science* (WoS) foi utilizada como fonte de dados. A busca foi elaborada a

partir de uma *string*, incorporando, após alguns testes, os termos: (*airfield* OR *airport*) AND (*cost* OR *LCCA* OR *Life-Cycle Cost Analysis*) AND (*pavement* OR *pavement management*). Após a busca na WoS, os trabalhos selecionados foram exportados para o formato *Bibtex* e, posteriormente, transferidos para o *Bibliometrix*, ferramenta especializada em bibliometria e integrada ao *software* R. As métricas resultantes ofereceram informações sobre a produção científica relacionada à temática, incluindo padrões de colaboração entre autores, evolução temporal das publicações e relevância de artigos. A revisão bibliométrica auxilia na consolidação de informações sobre o estado atual do conhecimento na área e colabora para identificação de lacunas existentes na literatura.

No gerenciamento de pavimentos, é necessário avaliar e comparar diferentes alternativas para sua construção e M&R. A aplicação de métodos imparciais e que considerem os recursos disponíveis no processo decisório é fundamental. Esse cenário levou à busca por ferramentas que considerem aspectos econômicos para orientar decisões de investimento a longo prazo (Lamprey *et al.*, 2005) e de maneiras práticas e econômicas de preservar o desempenho dos pavimentos (Khurshid; Irfan; Labi, 2011; Irfan *et al.*, 2009).

Em face das restrições financeiras, os gestores de pavimentos enfrentam o desafio de adotar métodos para tomada de decisão que avaliem a sustentabilidade econômica a longo prazo. A Análise de Custo do Ciclo de Vida (ACCV) emerge como uma dessas abordagens, permitindo a avaliação do risco econômico associado a projetos de pavimentação (Alalou *et al.*, 2021). A ACCV é um procedimento baseado em Engenharia Econômica que avalia a efetividade econômica a longo prazo de diferentes alternativas (USA, 1998).

Nesse sentido, a ACCV é uma ferramenta importante em projetos de concessões e parcerias público-privadas, que são contratos entre o setor público e privado para a construção, operação e manutenção de infraestruturas. Quando empregada em associação com o acompanhamento sistemático do desempenho dos pavimentos, a ACCV permite comparar custos de M&R ao longo do tempo, facilitando seu planejamento. Essa abordagem contribui para a redução dos custos do ciclo de vida, assegura a qualidade dos serviços prestados e promove a segurança operacional, aspectos essenciais para o cumprimento dos contratos e a sustentabilidade dos investimentos.

A utilização de análises econômicas para alcançar eficácia econômica em relação ao investimento em pavimentos e à tomada de decisões em transportes é fundamental para maximizar o desempenho, gerir de forma eficiente os recursos financeiros e promover a sustentabilidade a longo prazo (Gerbrandt; Berthelot, 2007; Pittenger, 2011). Nesse sentido, USA (2021) estabelece a ACCV como um componente para determinação da relação custo-

eficácia de um pavimento aeroportuário. A ACCV emerge como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão nos SGPA, sendo relevante tanto na seleção da estrutura do pavimento quanto na avaliação e comparação das diversas estratégias de M&R, contribuindo para a preservação dos pavimentos e, conseqüentemente, para a segurança operacional.

Babashamsi *et al.* (2022a) salientam o papel da ACCV na determinação de estratégias de M&R ótimas para o ciclo de vida do pavimento. Contudo, apesar de sua importância como instrumentos no processo decisório, a ACCV e outras análises de longo prazo são frequentemente negligenciadas no contexto da gerência de pavimentos aeroportuários.

Para Babashamsi *et al.* (2022b), há carência de estudos sobre a programação de estratégias de M&R em pavimentos aeroportuários utilizando a ACCV, indicando a escassa aplicação do procedimento nesse contexto. Ao mesmo tempo, Babashamsi *et al.* (2022a) apontam a dificuldade na condução de análises ACCV em aeroportos devido à ausência de diretrizes sistemáticas. Pittenger *et al.* (2011) destacam também a escassez de pesquisas destinadas a auxiliar operadores de aeródromos a mitigar os impactos socioambientais e econômicos das atividades de M&R.

A melhor forma de otimizar a alocação de recursos na gerência de pavimentos é a priorização plurianual a longo prazo utilizando uma análise incremental de custo-efetividade (Irfan *et al.*, 2015; Babashamsi *et al.*, 2022b). A efetividade em uma seção de pavimento aeroportuário pode ser calculada a partir da área sob a curva de desempenho do pavimento, do número de decolagens ou da área da seção do pavimento (Tighe *et al.* 2004). Entretanto, esse método ainda está em estágio inicial de desenvolvimento para redes aeroportuárias (ACRP, 2011; Hein; Aho, 2011; Irfan *et al.*, 2015). Segundo ACRP (2011), os principais obstáculos para a adoção dessa abordagem no contexto aeroportuário incluem menores redes de pavimentos maior ênfase em questões operacionais e limitações dos *softwares* dos SGPA.

Outro aspecto relevante é a importância da ACCV nos SGPA. De acordo com Babashamsi *et al.* (2022b), os SGPA simplificam a implementação da ACCV e auxiliam os operadores de aeródromo a decidirem o momento adequado e a escolha mais eficiente. Esses sistemas orientam os operadores de aeródromos na identificação da melhor utilização dos recursos disponíveis para assegurar a vida útil projetada do pavimento. Assim, a ACCV é essencial nos SGPA, concentrando-se em manter a segurança operacional e reduzir custos financeiros ao avaliar alternativas e determinar o momento ideal para realizar atividades de manutenção e reparo, como mencionado por Brasil (2017a) e USA (2014).

Segundo Karnikowski (2019), a análise não apenas demonstra o comprometimento dos gestores com a administração, mas também torna o processo mais transparente e eficiente.

White (2021) destaca que a intenção é informar a tomada de decisões, permitir o planejamento a longo prazo, aumentar a consistência das estimativas de custo e aumentar a transparência e a responsabilidade. Essa análise não só identifica as alternativas economicamente viáveis, mas facilita a alocação apropriada de recursos econômicos, humanos e técnicos, promovendo uma compreensão mais detalhada dos fatores que influenciam a viabilidade financeira.

2.5.1 Custos considerados na ACCV

A ACCV de um pavimento deve abranger todos os custos relacionados à construção, manutenção e reabilitações ao longo do período de análise. Os custos na ACCV são divididos em duas categorias principais: (i) os custos diretos, que incluem os custos iniciais de projeto e construção, os custos com M&R e o valor residual ao final da análise e (ii) os custos indiretos (usuários), que abrangem os custos associados ao uso do pavimento pelos usuários, tais como os custos operacionais dos veículos (consumo de combustível, desgaste, óleo, reparo e substituição de pneus e peças), custos relacionados ao tempo/atraso devido às M&R, desconforto e riscos de acidentes.

Para a comparação em modelos de concessão, essa classificação pode ser reestruturada para os termos CAPEX (*Capital Expenditure*) e OPEX (*Operational Expenditure*), distinguindo os custos de capital (investimentos iniciais e reabilitação) dos custos operacionais. Zhang, Keoleian e Lepech (2008) e Han e Do (2015) também consideram outros custos, como custos sociais e impactos ambientais, sendo esses frequentemente negligenciados devido à complexidade de sua mensuração.

Os custos associados às atividades de M&R constituem uma parte significativa dos custos diretos do ciclo de vida de um pavimento. USA (1998) enfatiza a importância da consideração da frequência e dos tipos de atividades de M&R, além de seus impactos no desempenho do pavimento depois das intervenções, juntamente com os custos envolvidos. Todavia, incorporar esses aspectos na análise pode ser complexo, uma vez que requer previsões de desempenho e uma alocação eficiente de recursos.

A deterioração do pavimento é um processo complexo influenciado por diversos fatores, como a estrutura do pavimento, carga de tráfego e condições ambientais. Por esse motivo, para Lee *et al.* (2013), o desempenho funcional do pavimento deve ser modelado como um processo estocástico ao longo do tempo. Em contrapartida, segundo Clemmensen e Wang (2024), a previsão precisa da condição do pavimento é um aspecto essencial da gestão de pavimentos, pois informa o momento, o orçamento e o impacto operacional da M&R. Ademais,

a manutenção de pavimentos aeroportuários em países em desenvolvimento continua sendo um desafio, conforme ressaltado por Babashamsi *et al.* (2022b), devido à prática de realizar M&R com base na necessidade imediata. Isso pode resultar na falta de previsões adequadas de desempenho e estimativas prévias de custo.

Quanto aos custos indiretos, Heuvinck (2015) destaca que estes, no contexto aeroportuário, refletem principalmente os atrasos de aeronaves e operações, incluindo perdas de receita devido a M&R em pistas parcial ou totalmente fechadas, calculadas com base na redução estimada nos movimentos de aeronaves, passageiros e carga. Esses aspectos são corroborados por White (2021), que também considera que esses custos estão relacionados aos atrasos ocasionados pelas M&R. Nascimento e Silva (2021) complementam essa visão ao afirmar que os custos indiretos refletem os impactos da escolha entre diferentes alternativas de investimento na infraestrutura aeroportuária sobre os usuários, abrangendo custos relacionados à perda de receita e atrasos causados às companhias aéreas e passageiros.

Nesse sentido, McNerney e Vittas (2017), afirmam que a principal fonte de receita dos aeroportos comerciais é derivada das companhias aéreas. Aeroportos comerciais que precisam de reabilitação enfrentam o dilema de manter as operações durante a intervenção. Assim, os autores refletem que uma ACCV aeroportuária adequada deve considerar os custos diretos e indiretos das reabilitações, o tempo necessário para elas, a perda de receita das companhias aéreas, os custos de interrupção e a vida útil que a reconstrução proporcionará.

Dada a complexidade envolvida na determinação dos custos indiretos, Khurshid, Irfan e Labi (2009) sugerem que uma abordagem qualitativa para avaliar os custos dos usuários, com base nos benefícios em comparação com uma alternativa sem M&R, pode ser mais apropriada. De toda forma, é importante destacar que os custos dos usuários são parte significativa dos custos do ciclo de vida e sua avaliação pode influenciar na precisão dos resultados (USA, 1998; Khurshid; Irfan; Labi, 2009).

A inclusão dos custos para os usuários na ACCV deve ser feita sempre que houver um impacto operacional significativo devido à escolha de uma alternativa ou quando diferentes alternativas afetam de forma distinta as operações e receitas do aeroporto (Hein; Aho, 2011; Babashamsi *et al.*, 2022a). Segundo Pittenger (2011), embora M&R realizadas durante as horas noturnas ou em áreas menos críticas possam causar pouca perturbação operacional e, portanto, não exijam a inclusão desses custos na ACCV, é fundamental quantificar e incluir os custos dos usuários quando a perturbação for significativa.

Embora representem uma parte considerável dos custos do ciclo de vida, os custos indiretos são, muitas vezes, negligenciados nas ACCV de pavimentos, conforme observado por

Babashamsi *et al.* (2016). Heuvinck (2015) e Nascimento e Silva (2021) observaram essa questão no contexto aeroportuário. Apesar de sua difícil estimativa, os custos indiretos afetam os usuários, refletindo-se em taxas, impostos, preços de passagens, disponibilidade de assentos, possibilidades de *upgrades* em voos, entre outras formas.

Heuvinck (2015) afirma que os custos para os usuários, resultantes das M&R (ou da ausência delas) geralmente não são considerados nas decisões de longo prazo, afirmando que ignorá-los pode levar a decisões equivocadas. O autor utilizou as reduções na receita diária do aeroporto para avaliar esses custos e, em sua análise, corresponderam a 20% do custo total.

Nascimento e Silva (2021) apresentam um método para calcular os custos indiretos, estimando previsões de demanda com base nas alternativas de M&R e suas consequências operacionais, como o fechamento da pista, por meio de um estudo de caso do Aeroporto Internacional de Brasília. Os resultados mostraram que o tempo de fechamento da pista exerce influência nos custos totais e intervenções mais frequentes e menos complexas exigem um tempo cumulativo maior de fechamento. Portanto, do ponto de vista operacional, um SGPA com uma única intervenção e serviços mais complexos seria financeiramente mais viável para pequenas áreas de intervenção, em relação aos custos indiretos.

Ao comparar três alternativas para a substituição do revestimento de uma PPD, Mohammed Zaki *et al.* (2021) avaliaram os custos diretos, indiretos e o valor residual. Para os custos indiretos, foram considerados tanto a redução na receita aeroportuária quanto o custo de atraso de aeronaves, conforme indicado por Nascimento e Silva (2021). Os custos com atrasos de aeronaves foram superiores aos custos com a redução da receita.

Babashamsi *et al.* (2022a) também previram a redução na receita aeroportuária e o custo de atraso de aeronaves na determinação dos custos indiretos. Os autores notaram que o custo de atraso de aeronaves, frequentemente ignorado, foi aproximadamente quinze vezes maior que o custo da redução da receita aeroportuária, o que reforça as conclusões de Mohammed Zaki *et al.* (2021). Os custos indiretos, nesse estudo, representaram 19,1% do custo total. Por outro lado, as atividades de manutenção não afetaram o custo de atraso de aeronaves, pois sua breve duração não interfere no cronograma dos voos. Assim, os autores consideram importante verificar ambas as parcelas de custo de usuários.

O valor residual é o montante de um investimento ao final da análise, frequentemente tratado como de valor oposto ao custo (benefício/receita). É composto por dois componentes: a vida funcional útil, também referida como vida remanescente, e o valor residual líquido (ACRP, 2011; Amini *et al.*, 2011). A vida remanescente representa a maior parte do valor residual e indica a vida útil restante do pavimento ao término do período análise

(USA, 1998). Em contraste, o valor residual líquido, ou seja, quanto o pavimento ainda vale monetariamente, é comumente negligenciado em ACCV, devido ao seu impacto relativamente pequeno quando descontado ao longo do tempo. USA (2021) reforça o cálculo do valor residual com base apenas na vida remanescente.

Alguns autores consideraram, em suas análises de custos, o valor residual do pavimento, tais como Santos (2011), Irfan *et al.* (2015), White (2021), Babashamsi *et al.* (2022a) e Ragusa, Costa e Di Graziano (2022). Santos (2011) argumenta que o valor residual pode ser calculado como o custo da reabilitação necessário para restaurar as características iniciais do pavimento. Ele o considera como uma porcentagem do custo inicial de implantação do, levando em conta a condição (estrutural e funcional) ao término do período de análise.

White (2021), ao comparar o custo de pavimentos flexíveis e rígidos em aeroportos, destaca que as condições da superfície do pavimento ao final da análise, assim como o valor residual associado, exercem impacto nos custos do ciclo de vida. Seu estudo revela conclusões divergentes, destacando a importância dessa consideração em determinados cenários.

Ragusa, Costa e Graziano (2022) propõem cinco algoritmos heurísticos para aplicação em SGPA e determinam áreas de priorização de M&R, com base em três métricas distintas (valor residual, IRI e PCI). A análise visa identificar o algoritmo que resulte no menor custo e na melhor vida residual, tratando esse parâmetro como um índice de qualidade comparável a outros indicadores funcionais, como IRI e PCI.

De maneira geral, quanto mais detalhados forem os custos considerados na ACCV, melhores serão as informações fornecidas aos tomadores de decisão. USA (1998) salienta que as ACCV, frequentemente, partem do pressuposto de que as alternativas oferecem níveis de serviço equivalentes, resultando em uma seleção baseada na minimização dos custos. Contudo, contraditoriamente, as diferentes estratégias de M&R não proporcionam o mesmo benefício funcional, exigindo uma análise de desempenho. Nesse sentido, Khurshid, Irfan e Labi (2009) consideram que, se a efetividade das alternativas não for considerada numa determinação da relação efetividade-custo, os resultados podem ser tendenciosos.

2.5.2 Técnicas de análise de viabilidade econômica

A ACCV exige uma comparação do desempenho econômico das alternativas avaliadas. Os tomadores de decisão podem empregar diferentes métodos da Engenharia Econômica para este fim, incluindo o Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Anual Equivalente Uniforme (VAEU), a Relação Benefício-Custo (RBC) e a Relação Efetividade-Custo (REC).

2.5.2.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) consiste na conversão para valores presentes das receitas e custos previstos para ocorrer ao longo do período analisado. Além de ser utilizado para avaliar a viabilidade individual de projetos, o VPL também permite a comparação de alternativas, amparando o processo decisório e indicando as soluções economicamente mais viáveis. Santos (2011) salienta que este método se destaca por sua simplicidade e facilidade de interpretação. O VPL pode ser calculado matematicamente pela Equação 1.

$$VPL = \sum_{n=1}^N \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_t = Fluxo de caixa relativo ao período;

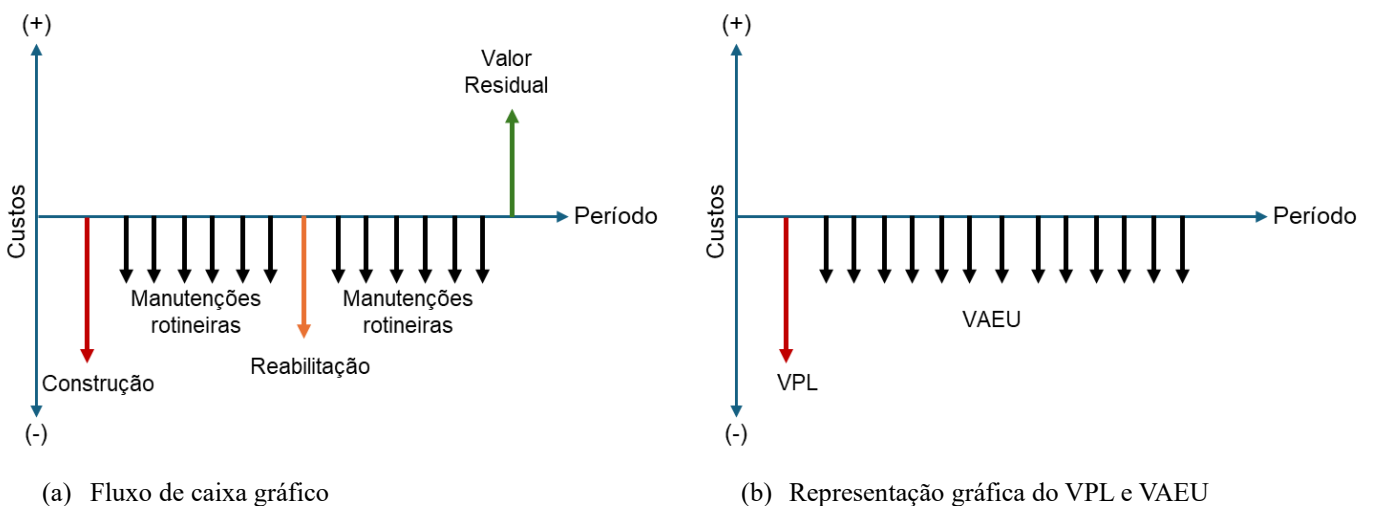
t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i = taxa de desconto;

n = período da análise.

Fluxo de caixa é o registro das movimentações financeiras, abrangendo tanto os custos quanto as receitas durante um período específico. A Figura 4 ilustra a ocorrência dos custos de ciclo de vida de um pavimento genérico, bem como os valores de VPL e VAEU que representam esses custos.

Figura 4 – Representação gráfica do fluxo de caixa



2.5.2.2 Valor Anual Equivalente Uniforme (VAEU)

O Valor Anual Equivalente Uniforme (VAEU) representa o valor anual de todos os custos, assumindo que estes ocorram uniformemente ao longo do período de análise (USA, 1998). Relacionado ao VPL, o VAEU é utilizado em projetos de pavimentação, pois os orçamentos de M&R geralmente são alocados para um único ano fiscal (Santos, 2011; Pittenger *et al.*, 2011). Essa abordagem simplifica a comparação entre projetos e reduz a complexidade associada a fluxos de caixa variáveis; no entanto, pode gerar distorções da realidade. O VAEU é calculado pela Equação 2.

$$VAEU = VPL \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Onde:

VAEU = Valor Anual Equivalente Uniforme

VPL = Valor Presente Líquido

i = taxa de desconto

n = período da análise

Pittenger *et al.* (2011) e Clemmensen e Wang (2024) afirmam que o VAEU oferece vantagem em relação ao VPL por refletir com maior precisão o efeito de situações em que há variação na vida útil das alternativas comparadas. Pittenger *et al.* (2011) acreditam que o VAEU permite que a sensibilidade da análise se baseie na vida útil de cada alternativa, o que é mais relevante e ajustável que utilizar um período de análise fixo e arbitrário, como no VPL. Além disso, para os autores, como o financiamento para M&R é frequentemente autorizado anualmente, a comparação de alternativas usando um valor anual torna-se mais prática.

2.5.2.3 Relação Benefício-Custo (RBC) e Relação Efetividade-Custo (REC)

A Relação Benefício-Custo (RBC) relaciona os benefícios e despesas associados a uma alternativa específica. Este método é útil para quantificar benefícios diretos e indiretos. Browne e Ryan (2011) afirmam que é uma abordagem adequada para considerar múltiplos aspectos nas análises de custos de transporte, incluindo tempo de viagem, custos operacionais dos veículos, poluição atmosférica, danos causados pelo ruído e custos relacionados a acidentes.

Nahvi *et al.* (2018) e Nahvi *et al.* (2019), por exemplo, aplicaram a RBC para avaliar economicamente pavimentos aeroportuários aquecidos hidronicamente em comparação a sistemas convencionais de remoção de neve. Ambos os estudos quantificaram os benefícios com base na redução do tempo perdido pelos passageiros e nos custos com combustível e tripulação. Uma análise de sensibilidade indicou que o número de operações de aeronaves tem um impacto significativo na RBC.

No cálculo da RBC, os benefícios do projeto de pavimentação são convertidos em valores monetários, abrangendo dimensões sociais, ambientais e financeiras. Assim, a abordagem não apenas apoia a tomada de decisões, como também promove uma precificação mais precisa ao transformar as externalidades relevantes em valores monetários (Browne; Ryan, 2011). No entanto, Babashamsi *et al.* (2016) destacam que o processo de monetização pode ser problemático para aspectos intangíveis e que existe complexidade ao quantificar os diferentes tipos de custos e benefícios. A RBC pode ser calculada utilizando a Equação 3.

$$RBC = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{B_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+i)^n}} \quad (3)$$

Onde:

RBC = Relação Benefício-custo;

C_n = Custo relativo ao período;

B_n = Benefício relativo ao período;

i = taxa de desconto;

n = período da análise.

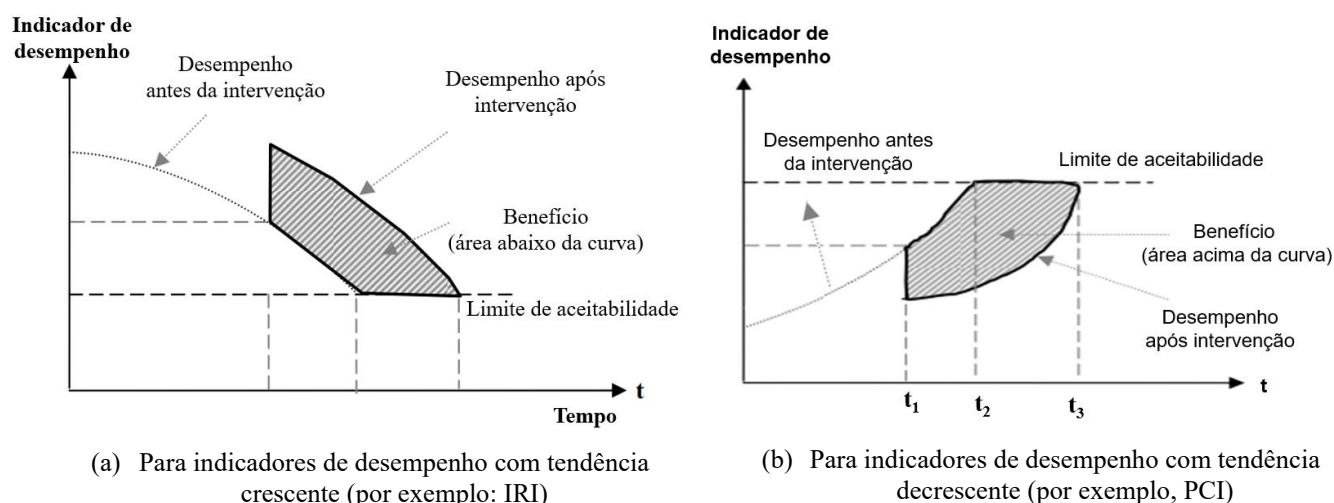
A Relação Efetividade-Custo (REC) também é empregada para estimar os benefícios associados à avaliação de pavimentos ao longo de seu ciclo de vida. No entanto, diferentemente da RBC, a REC os avalia como variáveis não mensuráveis monetariamente e pode analisar a efetividade das M&R nos pavimentos. Como os benefícios de manter adequadamente uma infraestrutura aeroportuária são variados e podem ser difíceis de quantificar em termos financeiros (Irfan *et al.*, 2015), a REC se mostra uma ferramenta apropriada para a ACCV de pavimentos aeroportuários.

De acordo com Hein e Aho (2011) e Arabali *et al.* (2016), a avaliação e comparação dos benefícios entre diferentes alternativas de M&R são realizadas com base na vida útil esperada do pavimento. Haider e Dwaikat (2011), Irfan *et al.* (2015) e Babashamsi *et al.* (2022b)

concordam que a avaliação da efetividade não monetária na gestão de pavimentos pode considerar tanto os aspectos de curto quanto de longo prazo, mencionando que a efetividade de curto prazo é medida pelo aumento imediato no desempenho do pavimento (melhoria do indicador), enquanto a efetividade de longo prazo abrange a extensão da vida útil, o incremento médio do desempenho e a área delimitada pela curva de desempenho.

Embora a efetividade das M&R possa ser avaliada tanto a curto quanto a longo prazo, a escolha de um indicador de desempenho adequado é fundamental para a formulação do modelo de desempenho e da análise da efetividade (Khurshid; Irfan; Labi, 2011). O conceito de área delimitada pela curva de desempenho se destaca entre os métodos disponíveis, pois, conforme apontado por Khurshid, Irfan e Labi (2011) e Irfan *et al.* (2015), ele facilita a comparação dos benefícios das M&R e integra medidas de efetividade a longo prazo e do aumento médio do desempenho do pavimento. A Figura 5 ilustra este conceito.

Figura 5 – Área delimitada pela curva de desempenho para estimativa da efetividade

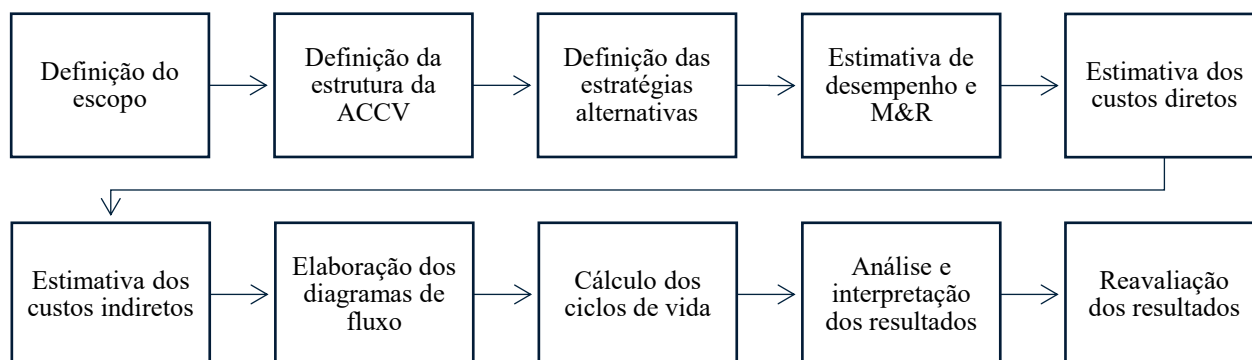


Fonte: Adaptado de Khurshid, Irfan e Labi (2011).

2.5.3 Procedimento e tipos de ACCV

A ACRP (2011) propôs um procedimento composto por dez etapas para aplicação no contexto aeroportuário. A Figura 6 apresenta, de forma esquemática, o fluxo dessas etapas. Na sequência, cada uma delas é apresentada e descrita.

Figura 6 – Etapas da ACCV para o contexto aeroportuário (ACRP)



2.5.3.1 Etapa 1 – Definição do escopo

Trata-se da definição do escopo físico a ser considerado. Ou seja, envolve determinar que seções serão consideradas, visto que os projetos de pavimentação aeroportuária variam quanto ao tipo de instalação (PPD, *taxiway* ou pátio de aeronaves).

2.5.3.2 Etapa 2 – Definição da estrutura da Análise do Custo do Ciclo de Vida

Engloba a seleção do período de análise, da técnica de análise econômica, da taxa de desconto, dos custos a serem considerados e do tipo de abordagem estatística. Para análises de implantação pavimentos, o período de análise deve ser suficientemente longo para incluir pelo menos uma reabilitação. ACRP (2011) discute que é importante evitar estender a análise além do período de previsões confiáveis e recomenda selecionar um período com base no valor residual igual a zero para uma das alternativas. A taxa de desconto impacta nos resultados e representa o valor real do dinheiro ao longo do tempo, sendo utilizada para converter custos no tempo. A taxa de desconto é determinada pela diferença entre as taxas de juros e de inflação.

2.5.3.3 Etapa 3 – Desenvolvimento das estratégias alternativas

Consiste em atribuir a cada alternativa uma estratégia que especifique a estrutura inicial e as atividades previstas de M&R ao longo do período de análise selecionado.

2.5.3.4 Etapa 4 – Estimativa do desempenho do pavimento e período das M&R

Envolve determinar, para cada alternativa, a vida útil esperada da estrutura inicial e de cada M&R futura projetada. As informações resultantes são utilizadas para estabelecer a sequência, os momentos e as extensões de aplicação das estratégias de M&R.

2.5.3.5 Etapa 5 – Estimativa dos Custos Diretos/Operador do aeródromo

Compreende a estimativa dos custos para construção e M&R, combinando-os com as quantidades estimadas. Além disso, implica decidir se o valor residual deve ser avaliado.

2.5.3.6 Etapa 6 – Estimativa dos Custos Indiretos/Usuário

Nesta etapa, são desenvolvidas estimativas da redução na receita diária do aeroporto ocasionada pelas reabilitações, abrangendo três aspectos principais: o tipo e a duração da restrição do pavimento, as potenciais reduções na quantidade de operações e a consequente perda de receita operacional diária. Mesmo quando a capacidade não é excedida, ponderações operacionais podem ser necessárias, devido a comprimentos de pista encurtados, o que requer estimativas de possíveis reduções no número de passageiros ou pesos de pouso.

2.5.3.7 Etapa 7 – Desenvolvimento dos Diagramas de Fluxo de Despesas

Os diagramas de fluxo de despesas, ou fluxo de caixa, são representações visuais ou tabulares dos custos ao longo do tempo. Devem ser elaborados para cada alternativa, auxiliando a identificação dos valores e do momento das despesas previstas.

2.5.3.8 Etapa 8 – Cálculo dos custos do ciclo de vida

Na abordagem determinística da ACCV, inclui a determinação dos custos totais utilizando a técnica de análise econômica escolhida na etapa 1, podendo também abranger testes de sensibilidade. Na análise probabilística, os valores das variáveis de entrada são selecionados aleatoriamente de acordo com uma distribuição de probabilidade.

2.5.3.9 Etapa 9 – Análise e interpretação dos resultados

Os resultados devem ser analisados e interpretados para a identificação da alternativa mais vantajosa. Devido às diferenças entre as abordagens da ACCV, os métodos de avaliação e interpretação também variam. Na ACCV determinística, é comum calcular a diferença percentual dos custos do ciclo de vida, enquanto na probabilística podem ser realizadas análises estatísticas e avaliação de risco das distribuições de custo previstas.

2.5.3.10 Etapa 10 – Reavaliação das estratégias

A etapa final deve contemplar a avaliação da necessidade de ajustes. Os ajustes podem incluir modificações na estrutura da análise e na formulação de alternativas.

Existem duas abordagens principais para a ACCV: a determinística e a probabilística. A análise determinística utiliza valores fixos para os parâmetros de entrada, enquanto a análise probabilística considera sua variabilidade. As ACCVs são influenciadas, entre outros fatores, pela estimativa de custos, pela taxa de desconto e pelo período de análise. Outros aspectos, como a capacidade estrutural do pavimento, o histórico de M&R e o limite do indicador de desempenho adotado, também podem ser relevantes. No caso dos pavimentos aeroportuários, há ainda influência da priorização estabelecida, do volume de pousos e decolagens e da configuração dos trens de pouso das aeronaves. ACRP (2011) recomenda considerar o impacto da incerteza em fatores como vida útil, custos e duração dos serviços de M&R, por meio de uma análise de sensibilidade ou de uma ACCV probabilística.

A análise determinística, complementada por uma análise de sensibilidade, é uma abordagem recorrente, especialmente em relação à variação da taxa de desconto (Pittenger *et al.*, 2012; Ferreira; Santos, 2012; Nowak, 2013; White; Kitchen, 2019; White, 2021; Babashamsi *et al.* 2022a; Babashamsi *et al.* 2022b; Nur, 2023). Também é aplicada para avaliar o nível do índice de condição do pavimento (Tighe *et al.*, 2004), a consideração dos custos dos usuários (Pittenger, 2011) e o período de análise (Pittenger *et al.*, 2011).

É importante destacar que a análise de sensibilidade determinística não abrange todas as incertezas envolvidas. Pittenger *et al.* (2012) ressaltam que incertezas associadas a materiais de construção, como o asfalto, afetam os resultados, tornando a abordagem estocástica mais apropriada. Além disso, diferentemente da abordagem probabilística, a análise de sensibilidade determinística não lida com a variabilidade simultânea das variáveis, não quantifica riscos nem fornece probabilidades de ocorrência (USA, 1998).

As incertezas das ACCV, para Tighe (2001), vão além de estimativas e previsões e incluem a variação e frequência dos dados, bem como a possível omissão de variáveis devido à limitação de dados. Chen e Flintsch (2007) destacam que a abordagem probabilística é uma maneira de avaliar o risco das incertezas nas ACCV, assim, é possível existir uma validação dos resultados ao considerar a variação dos dados com base em uma função de probabilidade, em vez de um único valor (Bagdatli, 2018).

O limite de aceitabilidade do indicador de desempenho também influencia a análise de custos, pois determina quando o pavimento atinge um nível crítico que requer M&R. Chen e Flintsch (2007) realizaram uma análise de sensibilidade para avaliar como esses limites afetam os resultados. Tighe *et al.* (2004) consideraram três níveis mínimos aceitáveis do PCI e compararam as alternativas de M&R com base nos custos de ciclo de vida, que se mostraram diretamente proporcionais ao nível de serviço.

Durán e Fernandes Júnior (2020) compararam três limites diferentes de IRI: (i) 2,0 m/km; (ii) 2,5 m/km (regulamentação brasileira); e (iii) 3,7 m/km (aceleração vertical). O limite da aceleração vertical (3,7 m/km) reduziu o número de seções classificadas como "Muito Ruim", o que pode reduzir ações de M&R desnecessárias. Essas conclusões são semelhantes às de Tighe *et al.* (2004), Chen e Flintsch (2007) e Babashamsi *et al.* (2022b), destacando que os custos de M&R são influenciados pelo limite escolhido para os indicadores de desempenho.

Para a análise probabilística, a literatura indica que as distribuições triangular (taxa de desconto) e normal (custos de M&R, taxa de desconto e outras variáveis), usadas em simulações de Monte Carlo, são as mais recorrentes. Whitelay e Tigue (2005) estudaram a variabilidade na vida útil e na taxa de desconto com distribuições normal, lognormal e triangular, demonstrando o impacto no custo do ciclo de vida do pavimento. Gransberg (2009) avaliou a viabilidade do jateamento para a melhoria da resistência à derrapagem, empregando a distribuição triangular para os custos e simulação de Monte Carlo. Santos (2011) utilizou a abordagem probabilística para dimensionamento e análise econômica de pavimentos, aplicando simulação de Monte Carlo para estimar os custos de construção, M&R e valor residual.

Rahman e Tarefder (2012) empregaram a distribuição triangular para modelar a variabilidade da taxa de desconto, utilizando simulação de Monte Carlo para capturar a incerteza associada a essa variável. Heuvinck (2015) e Nur (2023) utilizaram a distribuição normal, com Heuvinck (2015) focando na variabilidade da vida útil e da taxa de desconto e Nur (2023) analisando diferentes materiais de subcamadas.

Ainda no contexto da ACCV para pavimentos aeroportuários, Nahvi *et al.* (2018) e Nahvi *et al.* (2019) realizaram simulações para avaliar o impacto de variáveis significativas na viabilidade econômica de sistemas de aquecimento em pavimentos, como alternativa à remoção convencional de neve. Mohammed Zaki (2021), Babashamsi *et al.* (2022a) e Babashamsi *et al.* (2022b) usaram parâmetros semelhantes para as distribuições de probabilidade da taxa de desconto e custo das alternativas, com desvios padrão de 1% e 10%, respectivamente. Babashamsi *et al.* (2022a) compararam os custos diretos de alternativas para reconstrução do revestimento de um pavimento aeroportuário, encontrando maior variabilidade na solução flexível. Babashamsi *et al.* (2022b), por meio de uma análise de sensibilidade, verificaram que um aumento de 1% na taxa de desconto pode reduzir o custo total em mais de 10%, destacando a influência desse parâmetro na estimativa de custos.

Carneiro, Durán e Oliveira (2023) realizaram uma ACCV probabilística para comparar estratégias de M&R em uma PPD brasileira, usando a distribuição normal para modelar as variáveis de entrada, com desvios padrão de 15% para o custo dos serviços de M&R

e 1% para a taxa de desconto. A análise revelou que manutenções corretivas aumentam a incerteza dos resultados, levando os autores a recomendarem a manutenção preventiva por apresentar menores custos e menor variabilidade associada.

2.5.4 Análises de custos em pavimentos aeroportuários

Como mencionado anteriormente, embora amplamente utilizada em pavimentos rodoviários, a aplicação da ACCV em pavimentos aeroportuários ainda é limitada e recente. Nesta seção, serão discutidos alguns estudos identificados do estado da arte que abordam a análise de custos e a aplicação da ACCV em pavimentos aeroportuários.

Tighe *et al.* (2004) discutem a priorização de M&R, ressaltando a necessidade de considerar a experiência e as características operacionais. Usando dados de um aeroporto canadense, os autores analisaram três priorizações e avaliaram o impacto de diferentes níveis mínimos de desempenho no custo do ciclo de vida. Os resultados mostraram que, para manter o PCI em um nível mais elevado, é necessário um aumento de 62% no orçamento.

No que diz respeito à análise de estratégias de M&R em pavimentos aeroportuários, Hein e Aho (2011) destacam a importância da aplicação da ACCV e comparam cenários de manutenção preventiva, como a selagem de fissuras, com a reabilitação. Nessa perspectiva, Rahman e Tarefder (2012) compararam os custos de quatro estratégias de M&R, utilizando uma análise probabilística que incorporou a variabilidade da taxa de desconto. O estudo considerou tratamentos de trincas e de superfície, avaliados com base na melhoria do PCI. Além disso, estimou os custos associados a acidentes devido à irregularidade longitudinal (expressa em valores de IRI) e ao impacto ambiental da poluição do ar gerada pelos processos de M&R. Os resultados identificaram as estratégias de maior custo-benefício para o pavimento.

A utilização de modelos computacionais avançados também foi identificada. Ling, Du e Yang (2013) desenvolveram uma metodologia para otimização plurianual de M&R em pavimentos aeroportuários, empregando Algoritmos Genéticos e considerando duas alternativas: recondição e manutenção de rotina. O procedimento incluiu simulações de Monte Carlo para incorporar incertezas e avaliou os efeitos dos atrasos operacionais causados pelas atividades de M&R.

Um aspecto frequentemente abordado na literatura é o dimensionamento e a análise econômica para a implementação de novas PPD. Nowak (2013), por exemplo, comparou o custo do ciclo de vida de PPD rígidas e flexíveis. Uma análise de sensibilidade que incluiu variáveis como preços de materiais, taxa de desconto e suposições sobre manutenção e

durabilidade dos pavimentos foi conduzida. Com base na ACCV e nas sensibilidades analisadas, foi concluído que, apesar do custo inicial mais elevado, o pavimento rígido oferece vantagens econômicas a longo prazo. Das *et al.* (2015) chegaram a uma conclusão semelhante quanto aos custos de pavimentos aeroportuários rígidos e flexíveis. Os autores dimensionaram, utilizando o *software* FAARFIELD, diferentes estruturas levando em conta as partidas anuais e a taxa de crescimento do tráfego, para avaliar os custos de implantação e de M&R.

Heuvinck (2015) comparou dois tipos de pavimentos flexíveis (concreto asfáltico e SMA). A análise considerou não apenas os custos de implantação, mas também os custos de M&R. O autor utilizou o *software* AirCost, levando em conta tanto abordagens determinísticas quanto probabilísticas para avaliar os custos diretos e indiretos.

Quatro possibilidades de manutenção em uma PPD, incluindo a reconstrução, foram avaliadas por Irfan *et al.* (2015) e os resultados não só identificam as áreas de manutenção a serem priorizadas e as atividades com menor custo, como também consideram as condições de superfície do pavimento, expressas pelo PCI. Os autores desenvolveram uma estrutura baseada na REC. Durán (2015), no âmbito nacional, contribuiu para o desenvolvimento de um SGPA no Aeroporto Estadual de Araraquara, determinando as condições da rede e prevendo o desempenho dos pavimentos com base em dados históricos. Foram planejadas e comparadas cinco estratégias de M&R, avaliadas também em relação ao PCI.

Tarefder e Rahman (2016) compararam soluções de manutenção usando o PCI e o *Structural Condition Index* (SCI). O método PCI-SCI oferece melhor custo-benefício quando os valores de SCI são baixos, em comparação com a abordagem PCI. No entanto, quando a diferença entre PCI e SCI é maior que 10, a abordagem PCI-SCI não é recomendada. Nos casos avaliados, pavimentos com PCI inicial mais alto apresentaram benefícios e custos reduzidos.

Com o objetivo de minimizar o custo total com M&R, Balinho do Ó e Picado Santos (2019) desenvolveram um algoritmo para auxiliar no planejamento da M&R de pavimentos aeroportuários. O estudo avaliou nove alternativas de M&R, incluindo a opção de não realizar reparos, e conseguiu reduzir o custo em 74% em relação à alternativa inicial considerada.

Quanto à aplicação da ACCV para análise de alternativas de reabilitação, McNerney e Vittas (2017) compararam o custo de três opções: (i) fechamento prolongado e reconstrução com revestimento rígido, (ii) fechamentos noturnos e reabilitação com revestimento flexível e (iii) fechamentos noturnos e reconstrução com concreto de endurecimento rápido, considerando custos diretos e indiretos. White, Fairweather e Jamsihdi (2018), por sua vez, analisaram três alternativas para a reconstrução de uma PPD: (i) reconstrução com revestimento asfáltico, (ii) reabilitação conservadora com estabilização

por betume e (iii) reciclagem do revestimento existente. Foram avaliados custos diretos e indiretos e a alternativa de reuso apresentou um custo de 14% em relação ao método tradicional.

Os conceitos da ACCV e RBC foram aplicados em um contexto diferente nos estudos de Nahvi *et al.* (2018) e Nahvi *et al.* (2019), que focaram nos custos diretos e indiretos de alternativas para remoção de gelo em pavimentos aeroportuários. Abreu *et al.* (2019) compararam a construção de um pavimento aeroportuário perpétuo com a de um convencional, considerando os custos indiretos. O pavimento perpétuo apresentou uma redução de 18% nos custos indiretos, além de ter menores custos com M&R.

Os custos de construção, manutenção e valor residual para pavimentos rígidos e flexíveis em aeródromos foram avaliados por estudos como os de White e Kitchen (2019) e White (2021), em função de uma variedade de aeronaves comerciais e condições de subleito. A ACCV foi aplicada para períodos de análise de 40 a 100 anos. Foi concluído que o período de análise e o valor residual influenciaram os resultados, visto que o pavimento rígido variou de mais barato que o pavimento flexível a quatro vezes mais caro.

Mohammed Zaki *et al.* (2021) aplicaram uma ACCV para aeroportos, considerando três componentes: custos diretos, custos indiretos e valor residual. Os custos indiretos incluíram a redução da receita e os atrasos das companhias aéreas. Foram comparadas três opções de substituição do pavimento rígido no Aeroporto Metropolitano de Rocky Mountain: reconstrução com novo revestimento rígido, reconstrução com novo revestimento asfáltico e recuperação do revestimento existente com uma sobreposição flexível, as duas últimas levando em conta reabilitações periódicas. A terceira alternativa se revelou a mais vantajosa.

Em relação à ACCV que considera os custos indiretos em pavimentos aeroportuários, destaca-se o estudo de Nascimento e Silva (2021), que compararam dois cenários de M&R para uma PPD, levando em conta diferentes limites de PCI. O método incorporou previsões de demanda de passageiros baseadas em aprendizado de máquina e a receita operacional líquida do aeroporto. O estudo concluiu que a manutenção periódica e preventiva dos pavimentos aeroportuários reduz os custos diretos e indiretos em comparação com alternativas que envolvem reabilitações mais complexas.

Ainda em relação à consideração dos custos indiretos decorrentes de M&R em pavimentos aeroportuários, Babashamsi *et al.* (2022a) realizaram uma ACCV determinística e probabilística para comparar o impacto dos custos diretos e indiretos na gestão de pavimentos aeroportuários. O estudo de caso revelou que os custos indiretos podem representar até 20% do custo total. As alternativas avaliadas foram as mesmas de Mohammed Zaki *et al.* (2021). A manutenção rotineira das opções em revestimento flexível representou mais de 10% dos

custos totais, e os custos proporcionais de reabilitação dessas opções foram mais altos que os da reconstrução com revestimento rígido.

Babashamsi *et al.* (2022b), por sua vez, analisaram o impacto dos atrasos das M&R em pavimentos aeroportuários, comparando quatro alternativas baseadas em PCI, utilizando abordagens determinísticas e probabilísticas. Os resultados indicaram que um adiamento de um ano na manutenção preventiva aumentaria o custo determinístico em 16%.

A abordagem probabilística na análise de custos com M&R em pavimentos aeroportuários também foi explorada no estudo de Carneiro, Durán e Oliveira (2023). Os autores conduziram uma ACCV determinística e probabilística para comparar estratégias de M&R em uma PPD brasileira. O desempenho funcional foi avaliado pelo IRI e o desempenho econômico pela ACCV e REC. Os autores ressaltam a importância das manutenções, visto que a manutenção, seja preventiva ou corretiva, reduziu os custos totais e proporcionou desempenho satisfatório ao pavimento, contribuindo para a segurança operacional.

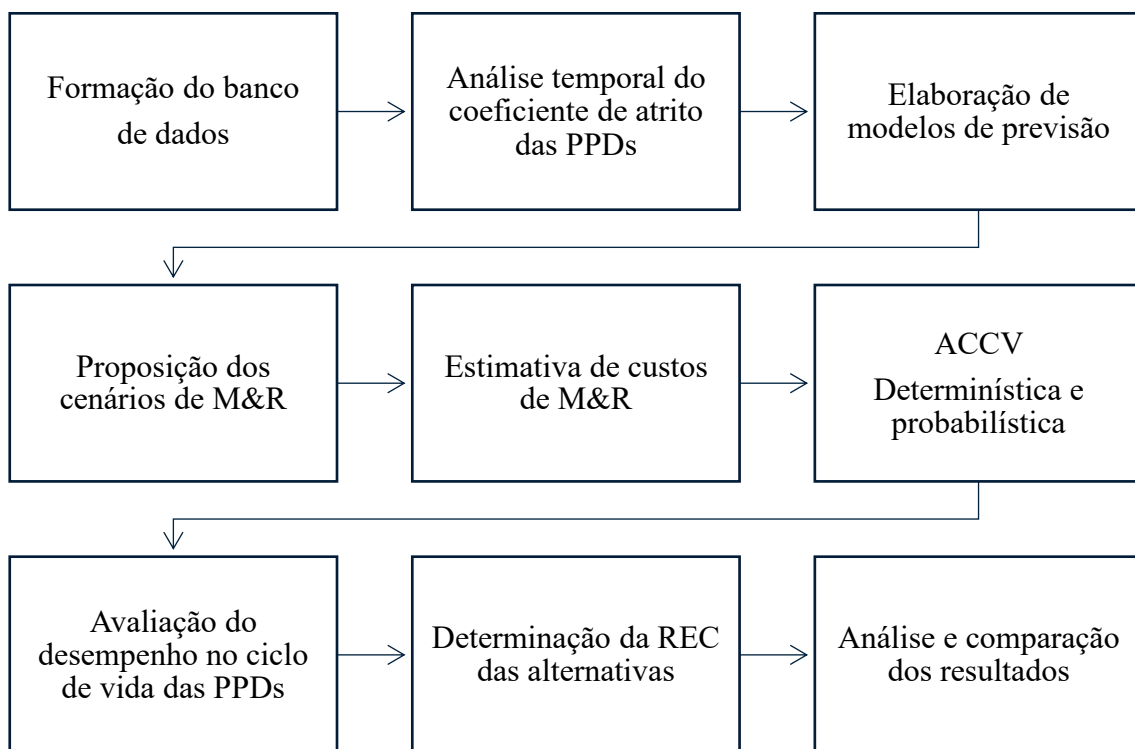
Nur (2023) avaliou os custos de diferentes projetos de pavimentos aeroportuários usando ACCV e materiais substitutos para as camadas. O dimensionamento dos pavimentos considerou as partidas anuais de aeronaves, o crescimento do tráfego e três vidas úteis distintas. Foram utilizados o FAARFIELD para o dimensionamento e o *Aircost* para a análise econômica. A pesquisa revelou que o pavimento flexível possui custos iniciais menores, mas custos de M&R mais elevados que o pavimento rígido. O pavimento rígido com uma única sobreposição de concreto Portland foi a opção mais econômica e apresentou o menor risco associado. Além disso, a análise de sensibilidade mostrou que, com o aumento da taxa de desconto, o custo do ciclo de vida diminui.

Embora alguns estudos explorem métodos para minimizar os custos do ciclo de vida de pavimentos aeroportuários, a literatura e a aplicação de ACCV em aeródromos ainda são limitadas, conforme identificado neste trabalho. Até o momento, as análises realizadas raramente correlacionam os custos de manutenção com dados de mensuração de IRI, coeficiente de atrito, textura e, nacionalmente, de PCI.

3 MÉTODO DE ANÁLISE

Este capítulo descreve os procedimentos adotados para a realização da Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) em três pistas de pouso e decolagem (PPD), com diferentes tipos de revestimento, considerando as estratégias de manutenção e reabilitação (M&R) propostas para garantir as condições de resistência à derrapagem, especificamente em relação ao coeficiente de atrito. Também é apresentado o método para estimar a progressão temporal do coeficiente de atrito das PPDs avaliadas, os custos considerados e o processo para determinar a Relação Efetividade-Custo (REC) das alternativas propostas. Para os cálculos, foram utilizados os *softwares Microsoft Excel* (versão 2409) e R (versão 2024.04.2). A Figura 7 ilustra o fluxograma das etapas metodológicas do desenvolvimento do trabalho.

Figura 7 - Fluxograma das etapas metodológicas do trabalho



3.1 Descrição das pistas de pouso e decolagem avaliadas

Foram analisadas três PPDs brasileiras, constituídas por diferentes tipos de revestimento. A seleção das PPDs considerou a diversidade de revestimentos, a representatividade geográfica no território nacional e a disponibilidade de dados consistentes, viabilizando a análise comparativa e o levantamento das informações necessárias à pesquisa.

As três estruturas serão também comparadas, tanto com utilização da ACCV, para determinar os custos de M&R de cada uma, permitindo diferenciar possíveis diferenças em relação a cada tipo de revestimento como de desempenho, para saber se há diferença de custo e para cada uma das M&R a depender do tipo de revestimento.

As três estruturas foram comparadas tecnicamente e economicamente. Para isso, aplicou-se a ACCV e a REC, visando estimar os custos das intervenções de M&R e identificar eventuais diferenças de desempenho do coeficiente de atrito, de acordo com o tipo de revestimento. Essa abordagem permitiu avaliar se há variações nos custos e na efetividade das estratégias de M&R em função das características dos revestimentos.

A primeira estrutura avaliada, doravante denominada PPD A, corresponde a uma pista de um aeródromo localizado no Nordeste brasileiro. A PPD A, atualmente com 2.755 m de extensão e 45 m de largura, é composta por revestimento de Concreto Asfáltico (CA) e subcamadas de materiais granulares. Em 2020, passou por um processo de reabilitação, que envolveu fresagem e a execução de novo revestimento. Além disso, no início de 2021, a pista foi ampliada de 2.545 m para 2.755 m. A maior aeronave em operação no aeródromo é classificada sob o código E, que se refere a uma envergadura de 52 a 65 metros. Esse código impacta a definição da localização e da quantidade mínima de medições, conforme os regulamentos da ANAC (Brasil, 2023a).

A PPD B corresponde a uma pista localizada em um aeródromo da Região Norte do país e possui 2.800 m de extensão e 45 m de largura. Seu revestimento é composto por CA com ranhuras transversais, ou *grooving*, que se estendem por 2.740 m da pista, iniciando-se a 60 m da cabeceira predominante. Suas subcamadas são compostas por materiais granulares. Entre 2019 e 2021, a PPD foi submetida à reabilitação do revestimento ao longo de toda a sua extensão, além da execução do *grooving*. A maior aeronave em operação no aeródromo é classificada sob o código E, o qual corresponde a uma envergadura de 52 a 65 metros.

A PPD C refere-se a uma pista de um aeródromo localizado na Região Sudeste do país, com 1.322 m de extensão e 42 m de largura. O revestimento é composto por Camada Porosa de Atrito (CPA) em toda a sua extensão, e as subcamadas são formadas por materiais granulares. No final de 2019, a pista passou por um processo de reabilitação do revestimento para a aplicação da CPA. A maior aeronave em operação no aeródromo é classificada sob o código C, que corresponde a uma envergadura de 24 a 36 metros.

3.2 Levantamento de dados e análise temporal do coeficiente de atrito

O *Microsoft Excel*, em sua versão 2409, foi utilizado para a análise descritiva dos dados e elaboração de gráficos. Os dados para a análise temporal do coeficiente de atrito consistiram em valores históricos de levantamentos do parâmetro em cada uma das PPDs avaliadas. Os dados foram adquiridos mediante consulta a processos e documentos produzidos ou custodiados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), por meio de sua plataforma de pesquisa pública do Sistema Eletrônico de Informações (SEI!).

O banco de dados desenvolvido foi utilizado para estimar a periodicidade das M&R, facilitando a elaboração dos cronogramas e a previsão de custos a longo prazo. Os dados temporais do coeficiente de atrito foram submetidos a uma análise estatística, que incluiu o cálculo de medidas de tendência central e dispersão. A análise exploratória forneceu informações sobre o comportamento geral dos dados históricos do coeficiente de atrito das PPDs. Além disso, foram elaboradas representações gráficas para uma compreensão mais abrangente dos dados.

O banco de dados utilizado abrange os relatórios de levantamentos do coeficiente de atrito das PPDs entre 2020 e 2023, período esse selecionado devido ser posterior à reabilitação dos revestimentos. Considerando que a maior aeronave em operação no aeródromo das PPDs A e B possui código E, as aferições são realizadas a cada 100 m de extensão, em pontos a 3 m e 6 m do eixo da PPD, em ambos os lados (Brasil, 2023a). Para a PPD C, por outro lado, como a maior aeronave possui código C, as aferições são realizadas a cada 100 m de extensão, a 3 m do eixo da PPD, em ambos os lados (Brasil, 2023a).

Em 2024, os aeródromos das PPDs A, B e C registraram médias diárias de pousos de aeronaves de asa fixa com motor a jato de, respectivamente, 70, 54 e 88 operações. Conforme estabelecido por Brasil (2020b), a frequência mínima exigida para medições do coeficiente de atrito em cada PPD é trimestral, o que implica no mínimo quatro levantamentos por ano. No entanto, ao longo dos quatro anos de levantamentos utilizados para a formação do banco de dados, foram realizadas 16 medições na PPD A, 35 na PPD B e 21 na PPD C. O banco de dados foi estruturado com base nos valores por ponto de medição, totalizando 1.616 dados para a PPD A, 3.524 para a PPD B e 420 para a PPD C.

O levantamento temporal dos dados contribuiu para a modelagem preditiva do coeficiente de atrito, considerando sua sazonalidade e ciclicidade. A deterioração devido ao clima e tráfego reduz o coeficiente de atrito, enquanto as remoções de borracha, conforme periodicidade definida pela Brasil (2020b), contribuem para a recuperação de parte da

resistência à derrapagem. Assim, os valores esperados do coeficiente de atrito apresentam um componente sazonal.

3.3 Estimativa da progressão temporal do coeficiente de atrito

Nesta etapa, foram utilizados os *softwares* R, em sua versão 2024.04.2, e *Microsoft Excel*, em sua versão 2409, para a análise dos dados, elaboração de gráficos e formulação do modelo preditivo. No R, os pacotes *readxl* e *ggplot2* foram empregados na análise exploratória, e o *dplyr* e o *forecast* foram utilizados para o desenvolvimento e ajuste do modelo de previsão. Essa etapa foi fundamental para identificar quando o coeficiente de atrito atinge níveis críticos, orientando o momento ideal para as intervenções de M&R.

Para a elaboração do modelo de previsão, considerou-se uma formulação puramente matemática da variação temporal dos dados, sem a análise de influências relacionadas à idade do revestimento, umidade, quantidade de pousos ou data da última remoção de borracha. Assim, o modelo capta o comportamento geral dos valores, estimando acréscimos e decréscimos a cada levantamento. Como os levantamentos do banco de dados são, em média, trimestrais, o modelo de saída apresenta resultados baseados em valores esperados para esse período.

A formulação do modelo matemático preditivo utilizou o Modelo ETS (*Exponential Smoothing State Space Model*), apropriado para previsões em séries temporais que exibem níveis, tendências e sazonalidade. De forma mais detalhada, o nível representa a média da série; a tendência indica a direção (acréscimo ou decréscimo) e a intensidade da mudança ao longo do tempo; e a sazonalidade reflete variações que ocorrem em intervalos regulares. Neste estudo, assumiu-se que essas componentes são aditivas, ou seja, a sazonalidade e a tendência são somadas ao nível a cada período.

Embora as Redes Neurais Artificiais (RNA) também tenham sido usadas para modelar o coeficiente de atrito, como no estudo de Quariguasi, Oliveira e Soares e Reis (2021), o modelo ETS é eficiente para dados com tendências temporais e variações sazonais, como as causadas por fatores climáticos e desgaste superficial do revestimento. Ao contrário das RNAs, que demandam grande volume de dados e treinamento, o ETS é simples, atribui maior peso aos dados recentes e captura flutuações sazonais, além de modelar tendências de longo prazo, como o desgaste progressivo da superfície do revestimento.

O modelo funciona com base em suavização, atualização e previsão. Sendo assim, a função calcula as médias ponderadas dos valores anteriores para estimar o nível, a tendência e a sazonalidade, ajustando as estimativas a cada ponto de dados com base nas informações

anteriores. Além disso, o modelo pode gerar previsões futuras com base nos componentes ajustados e cada segmento é tratado de forma independente, sem influência dos demais.

Com o intuito de avaliar os custos de ciclo de vida de forma mais precisa, foram desenvolvidos quatro modelos distintos de previsão de desempenho: (i) modelo ponto a ponto, considerando cada local de medição individualmente, ou seja, à direita ou à esquerda, a 3 m ou a 6 m do eixo da PPD (Modelo 1); (ii) modelo segmentado a cada 100 m (Modelo 2); (iii) modelo para cada terço (Modelo 3); e (iv) modelo representativo da PPD como um todo (Modelo 4). Essa abordagem visa comparar os impactos da granularidade da modelagem na estimativa dos custos totais, permitindo avaliar como a segmentação do modelo preditivo influencia os resultados e a tomada de decisão. O foco é identificar o nível de detalhamento mais eficiente e adequado à realidade da ACCV em pavimentos aeroportuários.

Os resultados das séries temporais, incluindo os acréscimos estimados, foram exportados e, por meio da análise dos dados, foram obtidas as previsões para as três PPDs. As estimativas futuras consideram a tendência e a sazonalidade identificadas nos dados históricos.

Outro aspecto é que, como mencionado, o modelo de previsão foi desenvolvido com base em medidas trimestrais. Contudo, a frequência de medição está associada ao número diário de pousos no aeródromo. Assim, pode ser necessário monitorar o coeficiente de atrito com uma frequência diferente em períodos futuros, a depender da variação do tráfego. Considerando que a abordagem adotada na ACCV realizada nessa pesquisa é anual (taxa de descontos), assume-se que não há influência significativa nesse sentido. Na prática, pode haver situações em que os níveis mínimos ou a necessidade de manutenção sejam alcançados em períodos diferentes dos previstos, mas acredita-se que essa alteração não influencie os resultados da análise.

3.4 Proposição e definição das estratégias comparativas

Três cenários distintos para a aplicação das atividades de M&R nas três PPDs foram propostos. A definição dessas atividades foi influenciada pela prática observada no cenário nacional, levando em conta estratégias de M&R voltadas à correção das condições de resistência à derrapagem.

A medição do coeficiente de atrito pode ser realizada com diferentes equipamentos. No entanto, todos os levantamentos avaliados, para as três PPDs, foram realizados utilizando o *Grip Tester*, que opera a 65 km/h, com limites mínimos e de manutenção fixados em 0,43 e 0,53, respectivamente (Brasil, 2023a). Assim, foi elaborada uma classificação em três

categorias, com base nesses limites estabelecidos. Em geral, foram diferenciadas as manutenções preventivas, que restauram parcialmente a condição do pavimento e retardam sua deterioração, das reabilitações, que visam o reparo total de um defeito no pavimento e são aplicadas quando o nível mínimo é alcançado. Para cada M&R recomendada, foi proposta uma atividade ou um conjunto de atividades (Tabela 5).

Tabela 5 - Estratégias de M&R propostas para cada faixa de coeficiente de atrito

Coeficiente de atrito	Condição do pavimento	M&R recomendada
$\geq 0,53$	Aceitável	Não fazer nada ^(a)
0,52 a 0,43	Nível de manutenção	Preventiva ^(b)
$< 0,43$	Abaixo do nível mínimo	Reabilitação ^(c)

(a) Não fazer nada além da remoção de borracha mandatória em seções em condições adequadas; (b) Microfresagem para as PPDs A e C e remoção de borracha para a PPD B; (c) Fresagem e recomposição do revestimento (8 cm de espessura).

Os modelos preditivos permitiram identificar os períodos em que há necessidade de manutenção (ao atingir o nível de manutenção) ou de reabilitação (ao atingir o nível mínimo). Para a previsão do coeficiente de atrito, além do modelo proposto, foi necessário presumir a melhoria das condições do pavimento após cada M&R. Logo, estimou-se que o coeficiente de atrito retornaria aos níveis observados no levantamento realizado, em cada PPD, imediatamente após a reabilitação do revestimento. Considerou-se, ainda, que a manutenção preventiva apresenta menor efetividade na recuperação do coeficiente de atrito em comparação à reabilitação. O modelo exponencial é reaplicado após cada M&R, incorporando as variações sazonais médias e reiniciando o ciclo. Com essas estimativas e com a progressão temporal, identificaram-se as necessidades futuras de M&R para cada uma das PPDs. As três alternativas avaliadas são descritas a seguir:

a) Alternativa A: Não Fazer Nada

Nesta alternativa, as intervenções de reabilitação são realizadas apenas quando o coeficiente de atrito de cada seção considerada atinge o limite mínimo de 0,43 (Brasil, 2023a). Os modelos de previsão foram utilizados para determinar o momento em que cada seção exigiria reparos ao longo do horizonte temporal de 20 anos. Assim, essa estratégia prioriza a intervenção somente em situações críticas que exigem intervenção obrigatória pela ANAC.

b) Alternativa B: Manutenção preventiva intercalada com reabilitação

A segunda alternativa adota uma abordagem de manutenção preventiva intercalada com reabilitação. No primeiro ciclo, a manutenção preventiva é realizada quando o coeficiente de atrito é estimado abaixo de 0,53. No ciclo subsequente, a reabilitação é realizada quando o coeficiente de atrito é inferior ao limite mínimo de 0,43. Essa estratégia visa equilibrar a eficiência da manutenção preventiva com a necessidade de intervenções corretivas, reconhecendo que, mesmo com a manutenção preventiva, a textura superficial do pavimento se deteriora, assim como a eficiência do processo de remoção de borracha, sendo necessária a reabilitação em algum momento, estimado pelo modelo preditivo.

c) Alternativa C: Priorização do primeiro terço

A terceira alternativa propõe uma intercalação entre manutenção preventiva e reabilitação apenas nas seções do primeiro terço a partir da cabeceira predominante das PPDs. Para as seções do segundo e terceiro terços, consideradas menos exigidas, a reabilitação será programada para períodos em que o coeficiente de atrito estiver abaixo de 0,43. Essa estratégia, portanto, prioriza a manutenção preventiva no primeiro terço. No Modelo 4, a Alternativa C não é prevista, pois a PPD é tratada como um conjunto, sem diferenciação dos terços.

3.5 Estimativa dos custos de manutenção

Para a definição dos custos de cada estratégia de M&R e cada cenário de análise, considerou-se a inexistência de uma tabela de referência de preços para serviços de pavimentação em aeroportos. Dessa maneira, foram utilizadas as composições de preços contidas nos relatórios do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (Brasil, 2024a) (Anexo A).

Os custos determinados são associados aos seguintes estados: PPD A ao Estado do Ceará, PPD B ao Estado do Pará e PPD C ao Estado do Rio de Janeiro, com base nos preços médios vigentes em 2024. Além disso, para a composição dos preços unitários dos serviços que utilizam insumos asfálticos, foram considerados os preços de distribuição de produtos asfálticos divulgados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil, 2025b), com referência aos mesmos estados e ao ano de 2024 (Anexo A).

Não foram considerados, entretanto, os custos de transporte dos insumos asfálticos, conforme a metodologia do binômio "aquisição + transporte" estabelecida pela Portaria nº 1.977, de 25 de outubro de 2017 (Brasil, 2017b), que determina a comparação entre preços de três refinarias e o cálculo do custo de transporte. Além disso, a portaria estabelece que os preços de aquisição dos produtos asfálticos devem ser ajustados pela inclusão de impostos, como ICMS, PIS/Pasep, COFINS, BDI diferenciado, e eventuais contribuições previdenciárias sobre a renda bruta (CPRB), os quais também não foram incorporados na análise de custos. Contudo, considera-se que a ausência desses fatores não compromete o resultado da ACCV realizada.

A exceção à utilização das composições do SICRO ocorreu para os serviços de microfresagem, aplicada como manutenção preventiva nas PPDs A e C, e da execução do *grooving*, prevista para a PPD B. Essas composições foram definidas com base em composições provenientes de processos licitatórios da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) (Infraero, 2013; Infraero, 2023), que fundamentaram o desenvolvimento de composições próprias adaptadas aos preços do SICRO, detalhadas no Apêndice A.

Foi considerada também a variação temporal dos preços unitários dos serviços de M&R, garantindo maior realismo à estimativa dos custos futuros. Em conformidade com a legislação vigente no Brasil, o DNIT, juntamente com o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE), disponibiliza uma lista de índices de reajustamento de preços específicos que se adequam às características dos serviços de infraestrutura de transportes. Foi considerada uma taxa de reajuste dos preços dos serviços M&R com base nesses índices, adotando-se um valor fixo de 3,626% de aumento anual, que representa a taxa acumulada do ano de 2023, conforme indicado por Brasil (2024b) (Anexo B).

No que se refere aos custos associados à remoção de borracha, foi realizada pesquisa de preços junto a empresa especializada, contemplando os custos referentes à mão de obra e materiais. A frequência da remoção depende do número médio diário de pousos registrados no aeródromo e, para garantir a previsão para os próximos 20 anos, foi considerada uma taxa de crescimento do tráfego. Para a determinação dessa taxa, analisou-se o número de pousos registrados nos três aeródromos ao longo dos últimos cinco anos, com base nos relatórios de levantamento de coeficiente de atrito e nos dados disponibilizados pelo sistema de dados abertos da ANAC (Brasil, 2025a). As taxas de crescimento foram fixadas em 2%, 1% e 5% para as PPDs A, B e C, respectivamente.

As composições do SICRO incluem custos de mão de obra e insumos, mas não contemplam os custos com mobilização de equipamentos e materiais. Foram considerados apenas os custos diretos com as M&R, excluindo-se os custos operacionais, de mobilização de

pessoas, equipamentos e insumos, assim como os custos dos usuários e indiretos, como os associados a riscos de acidentes, tempo de atraso e perda de receita. Entretanto, presume-se que esses custos não variem significativamente entre as alternativas, visto que as M&R ocorrem preferencialmente durante a noite ou em períodos de menor movimentação no aeródromo, minimizando impactos nos custos de ciclo de vida. Além disso, é possível que as companhias aéreas realizem acordos com o operador do aeródromo para reduzir impactos nas operações e, conseqüentemente, nos custos.

3.6 Análise do Custo do Ciclo de Vida

Inicialmente, foi necessário definir a estrutura da ACCV. Essa etapa incluiu a definição do período de análise, da técnica de avaliação econômica, da taxa de desconto e dos custos a serem considerados. Além disso, foi selecionada a abordagem estatística a ser adotada.

O período de análise durante o qual os custos são considerados deve ser suficientemente extenso para capturar as diferenças de custo associadas a cada cenário. Assim, o período foi determinado com base na exigência de USA (2021), que estabelece que os pavimentos de aeródromos devem ser projetados para uma vida útil de 20 anos. Desse modo, considerou-se um período de análise de 20 anos, com início em 2024 e término em 2043.

Para a avaliação econômica dos cenários propostos, adotou-se o método do Valor Presente Líquido (VPL) para estimar o custo total acumulado ao longo do ciclo de vida. No entanto, como o foco desta análise está restrito exclusivamente aos custos (sem a consideração de receitas ou benefícios monetários), o VPL foi utilizado como uma métrica de Custo Presente Líquido (CPL). Dessa forma, o valor resultante representa o montante total de custos, trazido a valor presente, e deve ser interpretado de forma inversa ao uso convencional: quanto maior o VPL, maior o custo ao longo do ciclo de vida, sendo, portanto, menos desejável. Assim, a alternativa com o menor VPL é considerada economicamente mais vantajosa.

A abordagem do VPL foi escolhida por sua simplicidade de determinação e interpretação. Para seu cálculo, é necessária a aplicação de uma taxa de desconto. Nesse caso, a taxa reflete o valor dos usos alternativos dos recursos investidos, representando o custo de oportunidade de capital. Além disso, a taxa de desconto está relacionada ao risco do investimento; uma taxa mais elevada pode indicar um maior risco associado.

USA (1998) recomenda uma taxa de desconto anual entre 3% e 5%. No entanto, em países em desenvolvimento, essas taxas podem ser mais elevadas, alcançando valores próximos a 10% ou 12% ao ano (Brasil, 2006). No contexto nacional, algumas taxas estão disponíveis,

como a taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura, indicada pelo Ministério da Economia, por meio da Secretaria de Desenvolvimento de Infraestrutura (SDI) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), a qual, para projetos avaliados a partir de 2020, foi fixada em 8,5% ao ano (Brasil, 2020d). Há também o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC), que representa a taxa mínima de retorno exigida por uma empresa para remunerar adequadamente seus investidores. Diferentemente da taxa social de desconto, o WACC é mais adequado para análises no setor privado.

Para considerar aspectos específicos do contexto aeroportuário, adotou-se o valor do WACC indicado na Nota Conjunta SEI nº 2/2021/STN/SPE/ME-DF, que estabelece a taxa de desconto de referência para concessões do setor aeroportuário, conforme orientações da Secretaria do Tesouro Nacional (Brasil, 2021). O WACC utilizado foi de 9,35%, correspondente ao percentil 69 mencionado no referido documento. No contexto financeiro, taxas mais elevadas de WACC refletem um maior risco percebido pelos investidores, que exigem um retorno superior para compensar a incerteza associada ao investimento. Dessa forma, a adoção do valor referente ao percentil 69 representa uma abordagem conservadora, assegurando uma margem de segurança na modelagem.

Ressalta-se, como afirmado anteriormente, que apenas os custos diretos das M&R foram considerados. Custos com planejamento, administração das obras, mobilização, implantação e operação dos canteiros não foram incluídos. Contudo, mesmo com a omissão desses custos, acredita-se que a análise permaneceu válida, uma vez que são valores que não variam significativamente entre as alternativas avaliadas.

Neste estudo, optou-se por realizar ambas as abordagens determinística e probabilística da ACCV. A finalidade é identificar as alternativas de M&R mais adequadas para aplicação na PPD no tocante aos recursos financeiros, sob as duas abordagens.

Para a avaliação determinística, após a identificação das M&R necessárias ao longo do período de análise, suas seções e períodos de aplicação, foi utilizado o VPL para determinar o custo total de cada alternativa. Essa abordagem permite comparar as opções com base em seus custos ao longo do ciclo de vida, considerando valores fixos para os parâmetros de entrada. Complementarmente à análise determinística, foi realizada uma análise de sensibilidade para verificar como variações de 10% nos parâmetros de entrada — especificamente nos custos de M&R, na inflação e na taxa de desconto — impactam o VPL de cada alternativa.

Para considerar a variabilidade de alguns parâmetros, especialmente dos custos unitários das M&R e da taxa de desconto, foi realizada uma análise probabilística. Essa análise gera um conjunto de custos de ciclo de vida potenciais e suas respectivas probabilidades de

ocorrência. As variáveis de entrada foram modeladas como valores estocásticos, atribuídos a partir de uma distribuição de probabilidade normal, com média e desvio padrão definidos. Os valores médios correspondem aos utilizados na análise determinística e os desvios padrão foram: $s = 10\% \times \bar{x}$ para os custos de M&R; $s = 1\% \times \bar{x}$ para a taxa de desconto e $s = 0,5\% \times \bar{x}$ para a inflação. A escolha da distribuição de probabilidade e dos valores de desvio padrão foi fundamentada na literatura (Heuvinck, 2015; Babashamsi *et al.*, 2022a; Babashamsi *et al.*, 2022b; Carneiro; Durán; Oliveira, 2023; Nur, 2023).

Foram realizadas 1.000 iterações de simulação do VPL para cada alternativa, utilizando o método de Monte Carlo. A Tabela 6 apresenta as variáveis de entrada das análises.

Tabela 6 - Distribuições para os parâmetros de entrada da ACCV probabilística

PPD	Parâmetro	Determinístico	Probabilístico ($X \sim N(\bar{x}, s)$)	
			Média (\bar{x})	Desvio padrão (s)
A	Microfresagem (0,5 cm)	R\$ 257,63/m ³	R\$ 257,63/m ³	R\$ 2,58/m ³
	Remoção de borracha	R\$ 13,50/m ²	-	-
	Fresagem (8 cm)	R\$ 40,71/m ³	R\$ 40,71/m ³	R\$ 4,07/m ³
	Pintura de ligação	R\$ 1,45/m ²	R\$ 1,45/m ²	R\$ 0,14/m ²
	Concreto asfáltico	R\$ 431,49/t	R\$ 431,49/t	R\$ 43,15/t
	Inflação	3,63%	3,63%	0,50%
	Taxa de desconto	9,35%	9,35%	1,00%
B	Remoção de borracha	R\$ 13,50/m ²	R\$ 13,50/m ²	R\$ 1,35/m ²
	Fresagem (8 cm)	R\$ 40,68/m ³	R\$ 40,68/m ³	R\$ 4,07/m ³
	Pintura de ligação	R\$ 1,85/m ²	R\$ 1,85/m ²	R\$ 0,18/m ²
	Concreto asfáltico	R\$ 485,31/t	R\$ 485,31/t	R\$ 48,53/t
	<i>Grooving</i>	R\$ 37,37/m ²	R\$ 37,37/m ²	R\$ 3,74/m ²
	Inflação	3,63%	3,63%	0,50%
	Taxa de desconto	9,35%	9,35%	1,00%
C	Microfresagem (0,5 cm)	R\$ 257,10/m ³	R\$ 257,10/m ³	R\$ 25,71/m ³
	Remoção de borracha	R\$ 13,50/m ²	-	-
	Fresagem (8 cm)	R\$ 40,78/m ³	R\$ 40,78/m ³	R\$ 4,08/m ³
	Pintura de ligação	R\$ 1,40/m ²	R\$ 1,40/m ²	R\$ 0,14/m ²
	Concreto asfáltico	R\$ 426,66/t	R\$ 426,66/t	R\$ 42,66/t
	Inflação	3,63%	3,63%	0,50%
	Taxa de desconto	9,35%	9,35%	1,00%

3.7 Desempenho do coeficiente de atrito e Relação Efetividade-Custo (REC)

Para a determinação da REC, a efetividade e as condições de resistência à derrapagem não foram representadas monetariamente, mas estimada pelo desempenho em relação ao coeficiente de atrito. Foi utilizada a área entre a curva de desempenho do coeficiente de atrito e o limite mínimo de 0,43, estabelecido com base no equipamento de medição utilizado nos levantamentos (*Grip Tester*), ao longo dos 20 anos de análise. Os custos foram considerados por meio do VPL determinístico.

3.8 Análise e comparação dos resultados

Os resultados obtidos foram comparados com base nas abordagens da ACCV e da REC. A ACCV foi utilizada para analisar os custos associados às diferentes estratégias de M&R, considerando tanto o tipo de intervenção (reativa ou preventiva), quanto os distintos revestimentos das PPDs. A REC, por sua vez, foi aplicada para avaliar o desempenho das M&R, com base na evolução do coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida das PPDs. Essa análise integrada permitiu compreender as implicações econômicas e funcionais das intervenções, considerando a influência do tipo de revestimento e da abordagem de M&R adotada.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das Análises do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) realizadas neste estudo, considerando as atividades de manutenção e reabilitação (M&R) necessárias para garantir a resistência à derrapagem de três pistas de pouso e decolagem (PPD) brasileiras, compostas por diferentes tipos de revestimento. Ao longo do capítulo as PPDs são identificadas como PPD A (revestimento em concreto asfáltico), PPD B (revestimento em concreto asfáltico com ranhuras transversais — *grooving*) e PPD C (revestimento em camada porosa de atrito — CPA). As alternativas são comparadas com base nos custos com as M&R e no desempenho da resistência à derrapagem, representado pelo coeficiente de atrito.

4.1 Caracterização e análise das condições de resistência à derrapagem

As condições históricas de resistência à derrapagem dos pavimentos existentes das PPDs foram avaliadas por meio do coeficiente de atrito, com dados coletados entre 2020 e 2023. Este item apresenta um resumo quantitativo e qualitativo das medições, incluindo medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão, valores mínimos e máximos e coeficiente de variação). Além disso, são discutidas as progressões estimadas do coeficiente de atrito, considerando sua variação ao longo do tempo, e a previsão de dados futuros, com base em modelos matemáticos aplicados aos dados coletados.

4.1.1 Condições da resistência à derrapagem da PPD A

A Tabela 7 apresenta a análise exploratória dos dados por seção da PPD A, considerando os dados dos quatro anos de levantamento. Observa-se que todas as seções apresentam valores médios de coeficiente de atrito acima dos níveis mínimo (0,43) e de manutenção (0,53), considerando o equipamento de medição utilizado (*Grip Tester*).

Os coeficientes de atrito apresentam variações nas médias entre os terços da PPD. O primeiro terço tem a média mais baixa, de 0,70, enquanto o segundo e terceiro terços possuem médias iguais a 0,72, indicando melhores condições de atrito nos últimos dois trechos. A variabilidade dos valores, representada pelo coeficiente de variação, também difere entre os terços, sendo o primeiro aquele com maior variação, com um coeficiente de 11,77%. Esse resultado sugere menor consistência nos valores do coeficiente de atrito ao longo do tempo no primeiro terço, que corresponde à zona de toque das aeronaves. Seu desempenho inferior em

relação aos demais trechos indica a necessidade de monitoramento e manutenção mais frequentes nessa área específica da PPD.

Tabela 7 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD A

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,70	0,06	0,56	0,68	0,70	0,74	0,80	8,37%
200	0,63	0,06	0,54	0,60	0,63	0,67	0,73	9,12%
300	0,66	0,06	0,58	0,62	0,65	0,72	0,77	9,57%
400	0,65	0,06	0,56	0,61	0,65	0,72	0,74	9,86%
500	0,65	0,06	0,55	0,61	0,64	0,67	0,77	8,68%
600	0,68	0,07	0,56	0,65	0,67	0,74	0,78	9,94%
700	0,74	0,08	0,59	0,70	0,72	0,79	0,92	10,57%
800	0,77	0,08	0,63	0,72	0,76	0,82	0,92	10,21%
900	0,78	0,07	0,68	0,72	0,77	0,82	0,90	8,52%
1000	0,75	0,07	0,67	0,70	0,73	0,82	0,87	9,03%
1100	0,74	0,06	0,67	0,70	0,73	0,78	0,87	8,09%
1200	0,74	0,07	0,63	0,69	0,73	0,79	0,89	8,90%
1300	0,73	0,06	0,60	0,69	0,72	0,76	0,83	8,17%
1400	0,72	0,06	0,58	0,68	0,71	0,76	0,82	8,90%
1500	0,71	0,06	0,59	0,68	0,71	0,74	0,81	8,60%
1600	0,71	0,07	0,60	0,66	0,70	0,74	0,84	9,74%
1700	0,71	0,06	0,61	0,66	0,71	0,75	0,81	9,18%
1800	0,70	0,06	0,57	0,67	0,70	0,74	0,81	8,12%
1900	0,70	0,06	0,59	0,67	0,70	0,76	0,79	8,29%
2000	0,72	0,06	0,64	0,66	0,71	0,77	0,83	8,87%
2100	0,72	0,09	0,62	0,64	0,72	0,76	0,90	11,80%
2200	0,75	0,08	0,65	0,69	0,75	0,79	0,92	10,17%
2300	0,74	0,07	0,64	0,67	0,74	0,78	0,90	9,97%
2400	0,72	0,05	0,65	0,68	0,71	0,75	0,85	7,48%
2500	0,69	0,05	0,62	0,64	0,68	0,73	0,77	7,54%
2600	0,65	0,05	0,61	0,61	0,65	0,69	0,74	7,03%
1/3	0,70	0,08	0,54	0,63	0,69	0,74	0,92	11,77%
2/3	0,72	0,06	0,57	0,68	0,72	0,76	0,89	8,83%
3/3	0,72	0,07	0,59	0,66	0,71	0,76	0,92	9,72%
PPD	0,71	0,07	0,54	0,66	0,71	0,76	0,92	10,29%

Para avaliar as diferenças nos coeficientes de atrito entre os três terços da PPD A, foi realizada um teste ANOVA de fator único. O teste considerou os valores obtidos para as seções correspondentes a cada terço (1º terço: 0 a 900 m; 2º terço: 900 a 1800 m; 3º terço: 1800 a 2600 m). O valor F determinado foi de 15,73 e o valor-p foi de $1,71 \times 10^{-7}$. Esses resultados fornecem evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de igualdade das médias, indicando que as médias dos coeficientes de atrito entre os três terços da pista são estatisticamente

diferentes ($\alpha > 0,05$). Assim, a variação no coeficiente de atrito indica que os terços da PPD A apresentam comportamentos distintos em relação às condições de resistência à derrapagem.

A diferença nos coeficientes de atrito dos terços da PPD pode estar relacionada às distintas solicitações a que cada um é submetido. O impacto das aeronaves durante o pouso, por exemplo, costuma solicitar com maior intensidade o primeiro terço, resultando em coeficientes de atrito inferiores. A manutenção frequente, como a remoção do acúmulo de borracha, pode explicar a maior variabilidade dos coeficientes observada nesse segmento.

A Tabela 8 apresenta a análise exploratória dos dados anuais do coeficiente de atrito do pavimento da PPD A, por ponto de aferição e para a PPD como um todo. Verifica-se que os valores médios permanecem acima dos níveis de manutenção (0,53) e mínimo (0,43), conforme os critérios estabelecidos para medições com o equipamento *Grip Tester* (Brasil, 2023a). Contudo, observa-se uma tendência de decréscimo em 2022 e 2023, evidenciada pelos indicadores de tendência central (média e mediana) e quartis (Q1 e Q3). A tendência de redução ao longo do tempo, um decréscimo natural devido ao desgaste do revestimento pelo tráfego e clima, é reforçada pela redução nos valores extremos (mínimos e máximos) nesses dois anos.

O valor mínimo registrado foi de 0,44, nos anos de 2022 e 2023, indicando a necessidade de manutenção em ao menos uma das seções. Outro aspecto constatado é que os valores mínimos observados ao longo do tempo referem-se a medições realizadas a 3 m do eixo da PPD A, nos lados direito e esquerdo — áreas de operação de aeronaves de médio porte, que provavelmente representam a maior porcentagem das operações.

Os valores máximos variaram entre 0,81 e 0,99, indicando um desempenho satisfatório em algumas seções, ainda que sem consistência ao longo dos anos. Essa oscilação é destacada pelos coeficientes de variação, que variaram entre 8,7% e 14,3%. As flutuações podem ser atribuídas tanto ao comportamento intrínseco do coeficiente, que é influenciado por múltiplos fatores, quanto às exigências regulatórias da ANAC, que determinam a remoção periódica do acúmulo de borracha. Essa intervenção visa elevar os níveis de atrito e pode ocasionar variações cíclicas nos resultados das medições.

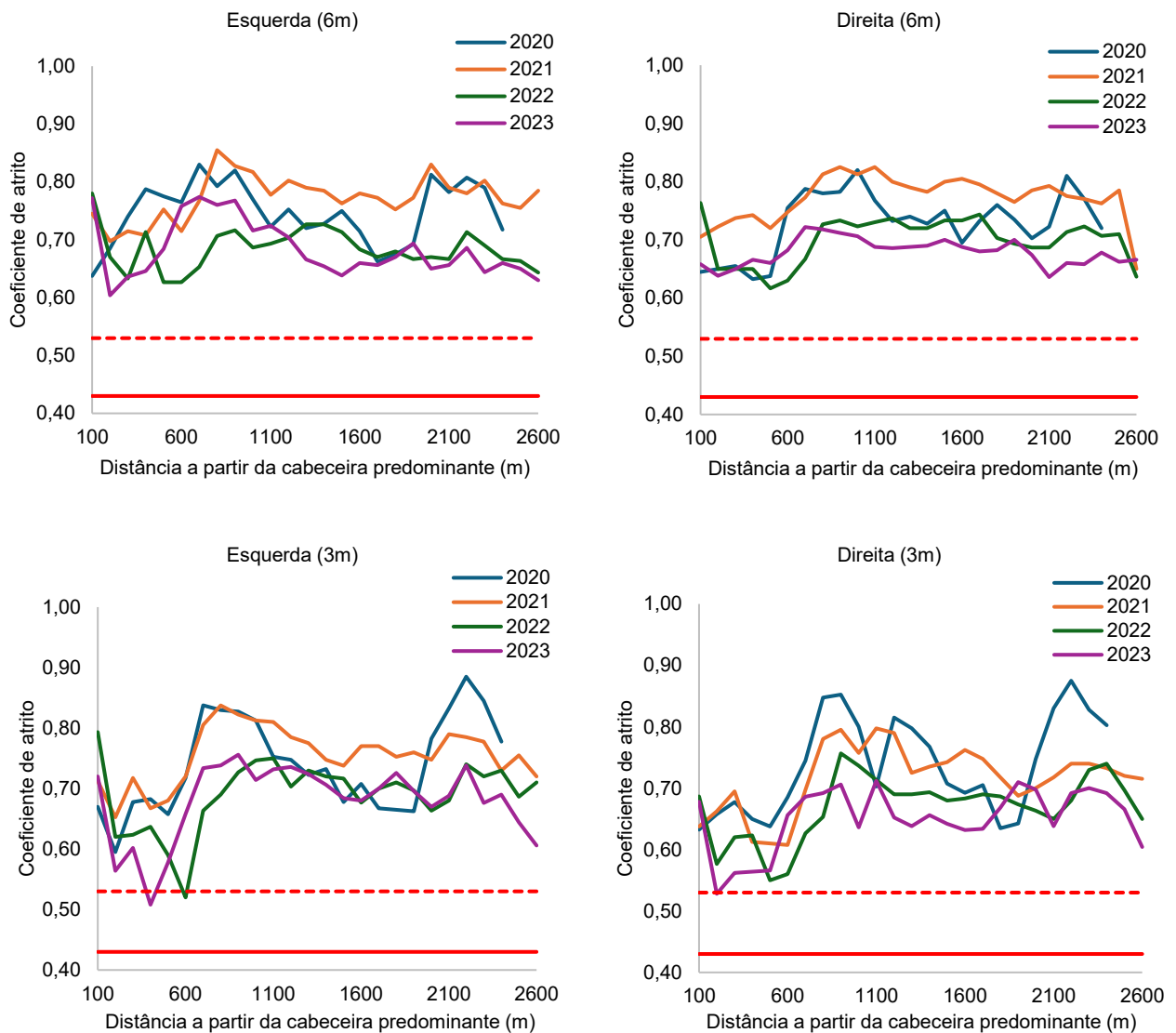
Evidencia-se, assim, a necessidade de monitoramento contínuo, sobretudo diante da proximidade de alguns valores ao limite de manutenção. A tendência de decréscimo pode estar relacionada ao acúmulo de contaminantes e à redução da eficácia da remoção de borracha ao longo do tempo. Após certo período, essa medida isolada pode não ser suficiente para recuperar o atrito, especialmente diante do desgaste da textura superficial do revestimento. Mota (2021), por exemplo, destaca que a borracha tende a se acumular ao longo dos anos, apesar das remoções. Esses fatores podem demandar, com o tempo, intervenções mais intensas.

Tabela 8 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD A

Métrica Estatística	2020					2021					2022					2023				
	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD
	6	3	3	6		6	3	3	6		6	3	3	6		6	3	3	6	
Média	0,75	0,74	0,74	0,73	0,74	0,77	0,76	0,72	0,77	0,75	0,68	0,69	0,67	0,70	0,69	0,68	0,68	0,65	0,68	0,67
Desvio padrão	0,08	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,08	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06	0,07
Mínimo	0,55	0,51	0,52	0,53	0,51	0,57	0,51	0,45	0,55	0,45	0,51	0,44	0,51	0,55	0,44	0,52	0,44	0,51	0,52	0,44
Q1	0,69	0,68	0,66	0,67	0,67	0,73	0,72	0,66	0,71	0,70	0,64	0,65	0,63	0,66	0,65	0,64	0,62	0,60	0,64	0,63
Mediana	0,75	0,73	0,75	0,73	0,74	0,77	0,76	0,71	0,79	0,76	0,68	0,70	0,68	0,69	0,69	0,67	0,69	0,66	0,67	0,67
Q3	0,81	0,81	0,81	0,79	0,81	0,83	0,79	0,77	0,83	0,80	0,73	0,74	0,71	0,74	0,73	0,73	0,75	0,71	0,73	0,73
Máximo	0,90	0,99	0,94	0,90	0,99	0,96	0,98	0,97	0,93	0,98	0,87	0,85	0,82	0,83	0,87	0,87	0,88	0,86	0,81	0,88
Coef. Variação	10,8%	14,3%	13,7%	12,3%	12,8%	10,5%	10,2%	13,7%	10,8%	11,7%	10,1%	11,2%	10,6%	9,3%	10,4%	9,8%	12,6%	11,3%	8,7%	10,8%

Para compreender melhor a variação entre os pontos de medição, foi analisado o comportamento dos valores em função dos diferentes lados e distâncias em relação ao eixo da PPD. O Gráfico 1 apresenta a média anual por seção e por ponto de medição da PPD A (esquerda ou direita, a 3 m ou a 6 m do eixo). Além disso, são destacados os valores limites de nível de manutenção (0,53) e mínimo (0,43) para o equipamento *Grip Tester*.

Gráfico 1 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD A



O Gráfico 1 evidencia que, independentemente do lado (esquerdo ou direito) e da distância em relação ao eixo (3 m ou 6 m), o primeiro terço, a partir da cabeceira predominante da PPD A, apresenta os menores valores médios de coeficiente de atrito. Observa-se também que, nos anos de 2022 e 2023, alguns segmentos localizados a 3 m do eixo, no lado esquerdo, apresentaram médias abaixo do limite de manutenção. Em 2023, uma seção no lado direito,

também a 3 m do eixo e no primeiro terço da PPD, registrou valor médio igual ao limite de manutenção (0,53). Esses resultados indicam uma tendência de redução dos coeficientes de atrito ao longo do tempo, especialmente nas áreas do primeiro terço e a 3 m do eixo (área de operação de aeronaves de médio porte), em ambos os lados da pista. Essa tendência reforça a necessidade de ações de manutenção para garantir níveis adequados de resistência à derrapagem.

O Gráfico 2 apresenta os valores médios gerais obtidos para cada seção da pista ao longo dos quatro anos de monitoramento (2020 a 2023), levando em consideração a distância a partir da cabeceira predominante e a média dos quatro pontos de medição. Os dados revelam que as seções iniciais (primeiro terço da pista) tendem a apresentar os menores valores de atrito, enquanto os trechos centrais (segundo terço) demonstram o melhor desempenho. Vale destacar que, em todas as seções, os valores médios permanecem acima do limite de manutenção estabelecido (0,53).

Também foram analisados os valores médios anuais ao longo da extensão da PPD, com base na média dos quatro pontos de medição por seção, de modo a verificar possíveis variações ao longo dos anos. Portanto, o Gráfico 3 apresenta os valores de tendência central (média) e de dispersão (dada pelo desvio padrão) para cada ano de levantamento, considerando a distância a partir da cabeceira predominante.

Os dados apresentados no Gráfico 3 indicam que o primeiro terço da PPD possui os menores valores médios e que há uma tendência de decréscimo do coeficiente de atrito da PPD ao longo do tempo. Além disso, considerando a área que representa a variação dos dados em torno da média — delimitada pelos valores de média acrescida e subtraída do desvio padrão — observa-se que, em 2022 e 2023, segmentos localizados nesse trecho atingiram valores abaixo do nível de manutenção (0,53). Esses resultados evidenciam a necessidade de monitoramento contínuo das condições de resistência à derrapagem, especialmente no primeiro terço a partir da cabeceira predominante da PPD.

Gráfico 2 - Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD A

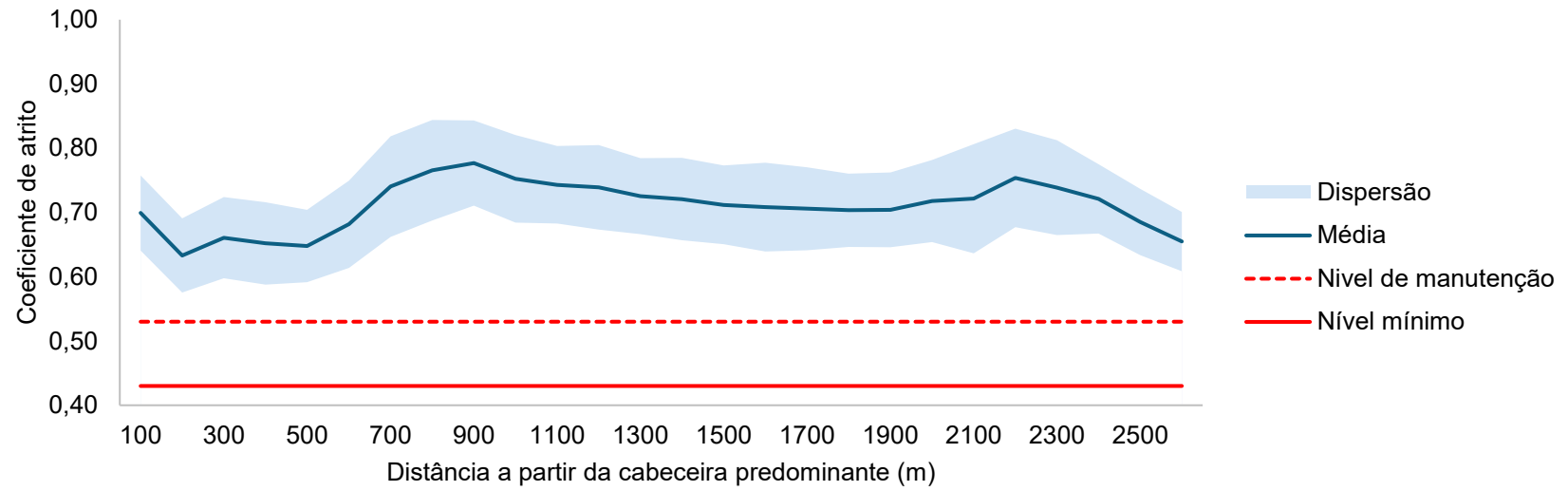


Gráfico 3 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD A

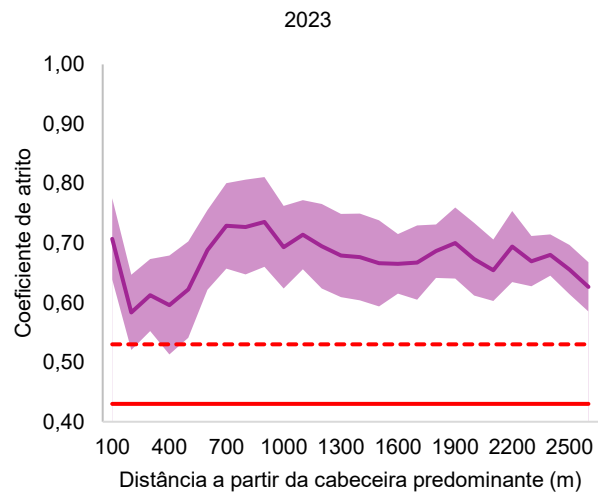
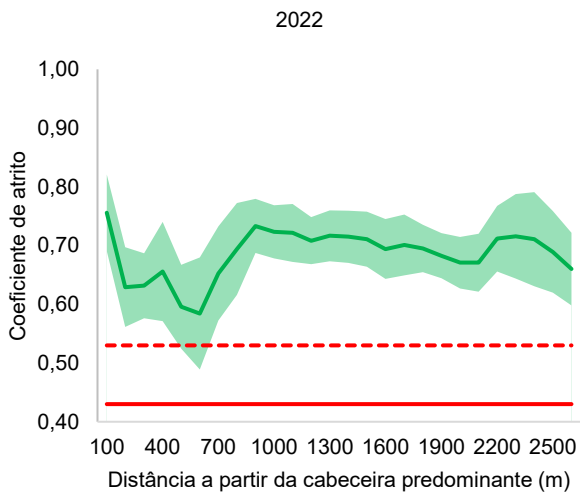
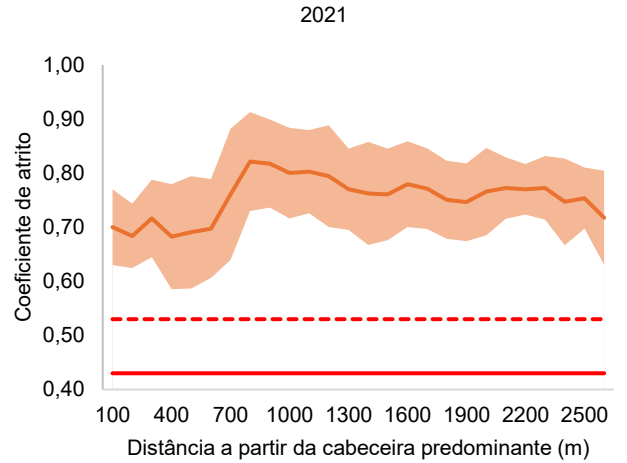
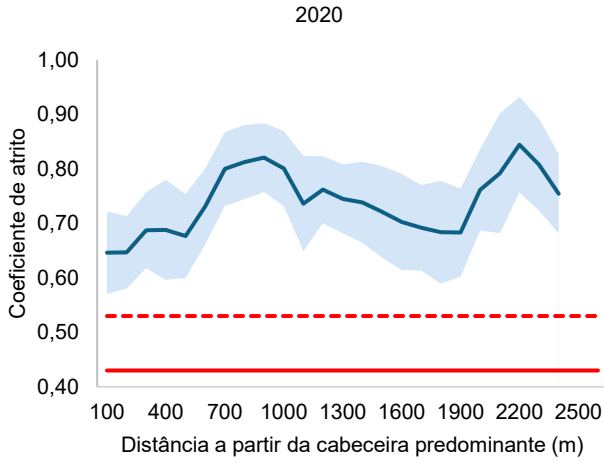
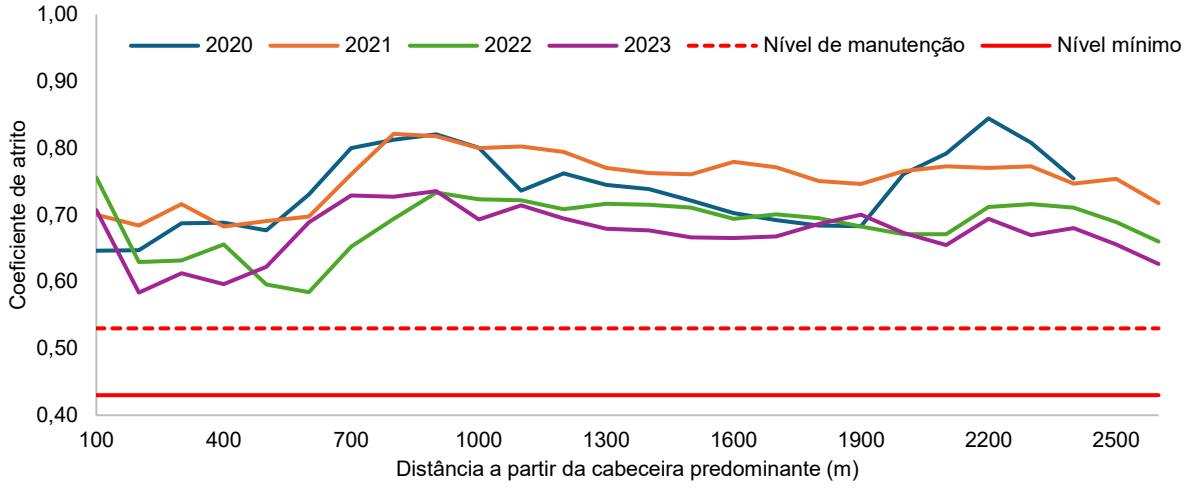
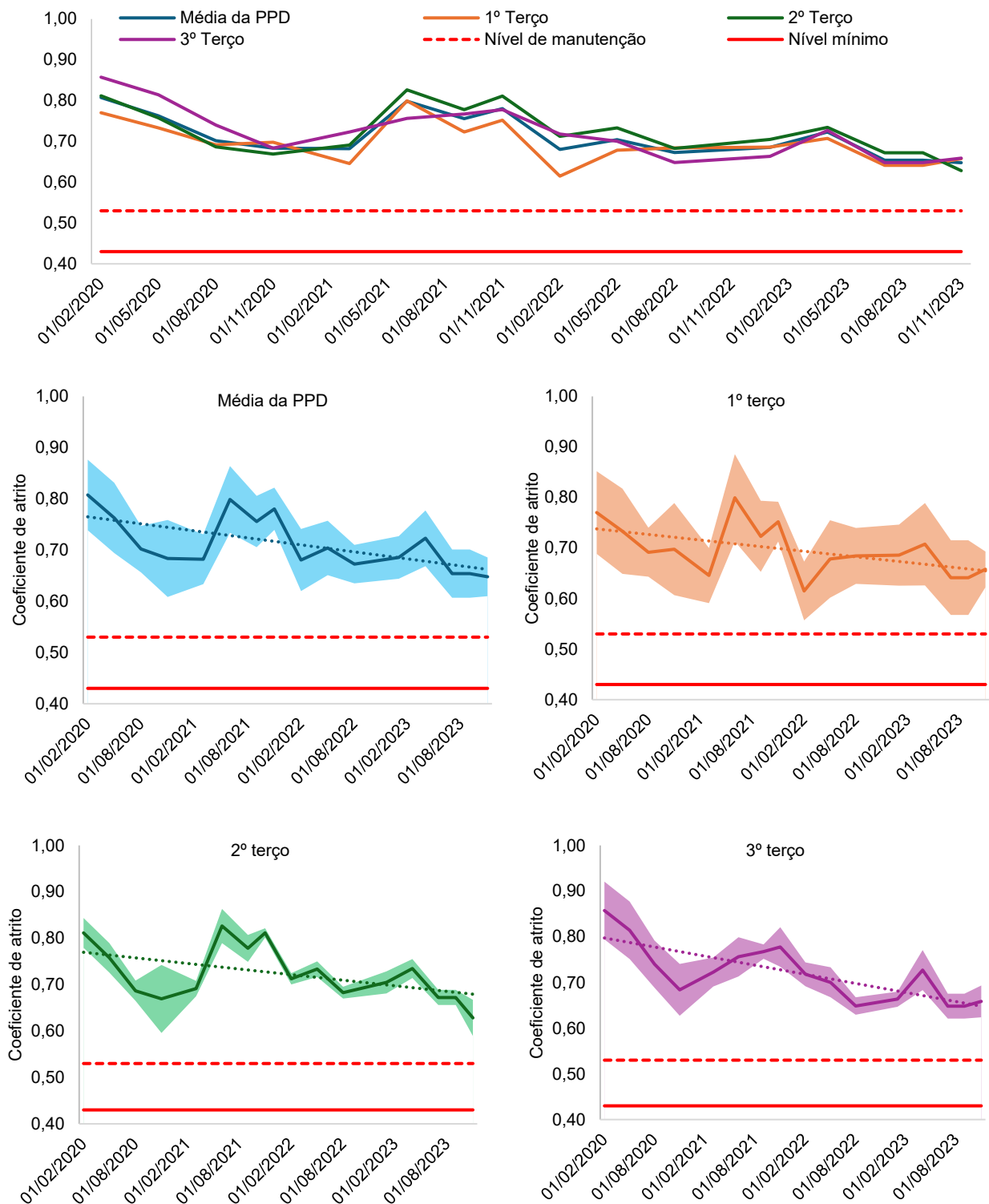


Gráfico 4 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD A



Outra análise conduzida refere-se à evolução temporal do coeficiente de atrito da PPD A, considerando tanto o conjunto total quanto cada um dos terços. O Gráfico 4 apresenta a tendência central dos valores, indicada pela média, bem como a área que expressa a dispersão em relação à média, representada pelo desvio padrão, para cada segmento ao longo do tempo.

A análise do Gráfico 4 evidencia, de maneira geral, uma tendência de redução do coeficiente de atrito ao longo do tempo, conforme indicado pelas linhas de tendência. No início do período avaliado (maio de 2020), a média do coeficiente de atrito da PPD A era 0,81, reduzindo-se para 0,65 ao final do intervalo (novembro de 2023), o que representa uma redução de 19,75%. Essa diminuição é observada não apenas para a média geral da PPD, mas também para os valores correspondentes a cada um de seus terços. Destaca-se, ainda, que o terço final da PPD apresentou a maior intensidade de decréscimo, superando inclusive a observada no terço inicial.

Assim como o observado para o período total (Tabela 7), no qual o primeiro terço apresentou a maior dispersão, a análise da variabilidade em cada levantamento (Gráfico 4) revela que esse mesmo terço apresenta, igualmente, a maior dispersão se considerado um mesmo levantamento. Além disso, o primeiro terço concentra, na maioria dos levantamentos, os menores valores de coeficiente de atrito. O segundo terço, por outro lado, exibe a menor variabilidade em cada levantamento e, de forma geral, os valores médios mais elevados. No entanto, no último levantamento, foi o segundo terço que registrou a menor média de coeficiente de atrito, igual a 0,63, sendo o único a apresentar decaimento nesse período final.

A análise dos dados de levantamentos permite identificar algumas inferências, como a tendência de redução do coeficiente de atrito ao longo do tempo, a predominância de valores inferiores desse parâmetro no primeiro terço da extensão da PPD A. Observa-se, portanto, que a textura superficial do pavimento da PPD A se desgasta com o tempo, influenciada por fatores como o tráfego, as condições climáticas e a presença de contaminantes, o que contribui para a redução progressiva do coeficiente de atrito. Conseqüentemente, em determinado momento, a realização de M&R será necessária.

Além disso, os resultados indicam que a textura superficial do pavimento da PPD A evolui de forma distinta no primeiro terço em relação aos demais — evidência corroborada pelos resultados do teste ANOVA, possivelmente devido às diferentes solicitações associadas às operações de pouso, corrida para decolagem e à maior concentração de contaminantes. Os dados sugerem, ainda, que a eficácia da remoção de borracha nesse trecho pode diminuir ao longo do tempo. A prática de M&R adotada após a reabilitação de 2020 e baseada na remoção trimestral de borracha, pode tornar-se, em algum momento, insuficiente (se aplicada isoladamente) para manter o coeficiente de atrito em níveis adequados. Diante disso, recomenda-se o aprimoramento das estratégias de M&R nesse segmento, a fim de preservar a segurança operacional. Ressalta-se, também, a importância de se estabelecer prioridades, considerando o comportamento diferenciado entre os terços da PPD.

Com base na análise dos levantamentos do coeficiente de atrito realizados entre 2020 e 2023, foram desenvolvidos modelos matemáticos de previsão para cada seção avaliada. Em relação aos modelos de progressão formulados e às previsões obtidas, observou-se, de maneira geral e para maior parte das seções, uma tendência decrescente do coeficiente de atrito ao longo do tempo, para os quatro modelos formulados. Esses resultados estão em consonância com a análise preliminar de tendências e sugerem que existe a necessidade de M&R na PPD, a fim de assegurar, ao longo do tempo, condições mínimas de resistência à derrapagem. Os modelos preditivos obtidos para a PPD A podem ser vistos no Apêndice B.

4.1.2 Condições da resistência à derrapagem da PPD B

A Tabela 9 apresenta a análise exploratória dos dados por seção da PPD B, considerando os dados levantados entre 2020 e 2023. Observa-se que todas as seções apresentam valores médios de coeficiente de atrito acima dos níveis mínimo (0,43) e de manutenção (0,53), considerando o equipamento de medição utilizado (*Grip Tester*). Destaca-se que o revestimento da PPD B possui ranhuras transversais (*grooving*).

Os coeficientes de atrito médios do primeiro e do segundo terços são iguais, ambos iguais a 0,72, enquanto o terceiro terço apresenta uma média inferior, de 0,71. O coeficiente de variação é menor no primeiro terço (18,10%), o que difere do observado na PPD A. Esse resultado aponta uma maior consistência nos valores do coeficiente de atrito ao longo do tempo no primeiro terço da PPD B em comparação ao mesmo trecho da PPD A. A menor variabilidade observada nesse segmento pode estar associada à remoção frequente do acúmulo de borracha, o que contribui para a manutenção dos níveis de atrito. Isso também pode indicar a realização de manutenções mais frequentes e a degradação contínua da textura superficial.

O terceiro terço da PPD B apresentou o maior coeficiente de variação, indicando maior dispersão dos dados. Entre os 1800 m e 2600 m, observaram-se os maiores desvios padrão e coeficientes de variação, o que pode estar relacionado a condições operacionais ou à menor frequência de M&R. Verifica-se também uma redução nos valores médios entre os 300 m e 2200 m e um aumento nos últimos 200 m, com médias de 0,79 e 0,80. Destaca-se, ainda, o maior valor registrado para a PPD, de 1,17 na seção a 2600 m, possivelmente refletindo condições locais mais favoráveis à resistência à derrapagem.

Destaca-se também que, em comparação à PPD A, os coeficientes de variação observados na PPD B são mais elevados. Embora ambas as PPDs apresentem valores semelhantes de média e quartis, diferenciam-se nos valores mínimos e máximos. O coeficiente

de atrito da PPD B atinge valores máximos superiores aos da PPD A, ao mesmo tempo em que apresenta valores mínimos inferiores. Embora a PPD B registre 22,86% menos pousos que a PPD A e ambas possuam a mesma frequência de remoção de borracha, observa-se uma maior amplitude de variação no coeficiente de atrito na PPD B. Essa diferença demonstra um comportamento distinto do coeficiente de atrito nas duas PPDs, que pode ser influenciado pela presença ou ausência de *grooving* nos revestimentos e pela variação no número de operações nos aeródromos.

Tabela 9 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD B

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,79	0,10	0,63	0,72	0,76	0,89	0,99	12,99%
200	0,74	0,11	0,57	0,66	0,71	0,84	0,97	14,37%
300	0,68	0,12	0,45	0,61	0,67	0,73	0,97	17,28%
400	0,70	0,13	0,47	0,63	0,66	0,74	0,99	18,17%
500	0,70	0,12	0,48	0,62	0,66	0,70	0,96	17,20%
600	0,69	0,13	0,47	0,61	0,65	0,70	0,99	18,46%
700	0,71	0,15	0,45	0,60	0,69	0,75	1,08	20,98%
800	0,71	0,14	0,47	0,60	0,66	0,78	1,03	20,38%
900	0,72	0,14	0,50	0,61	0,69	0,78	1,03	19,58%
1000	0,73	0,14	0,51	0,66	0,70	0,76	1,08	19,50%
1100	0,73	0,13	0,49	0,64	0,69	0,78	1,04	17,71%
1200	0,72	0,12	0,52	0,64	0,70	0,77	1,03	17,06%
1300	0,71	0,12	0,50	0,63	0,68	0,76	0,99	17,20%
1400	0,70	0,13	0,51	0,61	0,68	0,75	0,99	18,19%
1500	0,71	0,12	0,54	0,62	0,67	0,76	0,98	16,41%
1600	0,69	0,13	0,52	0,61	0,66	0,73	1,03	19,35%
1700	0,69	0,14	0,51	0,60	0,67	0,70	1,04	19,89%
1800	0,70	0,17	0,41	0,59	0,68	0,77	1,12	24,01%
1900	0,71	0,16	0,40	0,61	0,66	0,74	1,11	22,93%
2000	0,71	0,15	0,41	0,64	0,67	0,75	1,08	21,72%
2100	0,70	0,16	0,42	0,63	0,66	0,73	1,09	22,71%
2200	0,69	0,16	0,40	0,61	0,64	0,72	1,06	22,77%
2300	0,69	0,15	0,44	0,62	0,64	0,71	1,04	21,09%
2400	0,71	0,17	0,44	0,62	0,65	0,75	1,08	23,46%
2500	0,79	0,18	0,60	0,67	0,70	0,94	1,14	22,98%
2600	0,80	0,21	0,62	0,67	0,70	0,99	1,17	26,13%
1/3	0,72	0,13	0,45	0,63	0,69	0,77	1,08	18,10%
2/3	0,71	0,13	0,41	0,62	0,68	0,76	1,12	18,78%
3/3	0,72	0,17	0,40	0,63	0,67	0,75	1,17	23,06%
PPD	0,71	0,14	0,40	0,63	0,68	0,76	1,17	19,83%

Para avaliar possíveis diferenças nos coeficientes de atrito entre os terços da PPD B, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) de fator único. O teste considerou todos os valores registrados correspondentes a cada terço da pista (1º terço: 0 a 900 m; 2º terço: 900 a 1800 m; 3º terço: 1800 a 2600 m). O valor de F obtido foi 0,45, com um valor-p de 0,63. Esses resultados indicam não haver evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de igualdade entre as médias, ou seja, ao nível de significância de 5%, os coeficientes de atrito terços são estatisticamente semelhantes. Conclui-se que os terços da PPD não apresentam comportamentos significativamente distintos em relação ao coeficiente de atrito.

Esse resultado indica que, embora as médias dos coeficientes de atrito apresentem diferenças numéricas, essas variações não são suficientes para caracterizar uma diferença real no comportamento dos terços da pista. Isso pode ser interpretado como um indicativo de que evolução da textura da superfície da PPD B e a média dos coeficientes de atrito são semelhantes entre os trechos e que o *grooving* no revestimento contribui para essa constância, visto que o mesmo não aconteceu para as PPDs A e C. Além disso, a remoção do acúmulo de borracha realizada no primeiro terço é eficaz em manter o coeficiente de atrito em níveis compatíveis com os demais. As M&R também podem contribuir para a uniformidade dos coeficientes de atrito ao longo da pista, garantindo que a segurança operacional não seja comprometida.

A Tabela 10 apresenta a análise exploratória do coeficiente de atrito da PPD B ao longo dos anos, discriminados por ponto de aferição. Os valores médios permanecem acima dos níveis de manutenção (0,53) e mínimo (0,43), conforme os critérios para o *Grip Tester*. Observa-se ainda que, antes da reabilitação concluída em 2021, algumas seções apresentavam valores inferiores ao nível mínimo, indicando a necessidade de intervenção. Entre 2021 e 2022, a média do coeficiente de atrito da PPD B aumentou, comportamento compatível com o esperado para revestimentos novos, que tendem a apresentar uma elevação do coeficiente de atrito nas primeiras idades, seguido de estabilização e oscilação e declínio gradual devido ao tráfego e às condições climáticas (Kane *et al.*, 2010).

Em 2023, observa-se uma redução nos coeficientes de atrito, tanto nos indicadores de tendência central (média e mediana) quanto nos valores extremos (mínimos e máximos). O valor mínimo registrado no ano (0,52) indica a necessidade de manutenção pontual. Além disso, embora as médias sejam inferiores às dos anos anteriores, a variabilidade dos dados em 2023 é menor, o que reflete uma maior uniformidade nos dados levantados. Os valores máximos foram registrados em 2022, ano que também apresentou a maior variabilidade, sendo o único em que todas as seções estiveram acima do limite de manutenção (0,53).

Tabela 10 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD B

Métrica Estatística	2020					2021					2022					2023				
	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD	Esquerda (m)		Direita (m)		PPD
	6	3	3	6		6	3	3	6		6	3	3	6		6	3	3	6	
Média	0,65	0,61	0,62	0,64	0,63	0,77	0,74	0,74	0,77	0,76	0,82	0,77	0,76	0,85	0,80	0,67	0,65	0,65	0,69	0,67
Desvio padrão	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,11	0,15	0,13	0,21	0,17	0,17	0,20	0,19	0,06	0,07	0,08	0,04	0,06
Mínimo	0,36	0,32	0,29	0,41	0,29	0,48	0,48	0,51	0,50	0,48	0,54	0,53	0,53	0,55	0,53	0,55	0,55	0,52	0,60	0,52
Q1	0,60	0,55	0,55	0,56	0,56	0,67	0,64	0,67	0,67	0,66	0,65	0,63	0,63	0,67	0,65	0,62	0,59	0,59	0,66	0,62
Mediana	0,65	0,62	0,62	0,62	0,63	0,76	0,72	0,73	0,74	0,74	0,70	0,69	0,68	0,73	0,70	0,68	0,64	0,63	0,69	0,66
Q3	0,70	0,67	0,69	0,71	0,70	0,88	0,83	0,82	0,90	0,84	1,05	0,91	0,89	1,08	0,98	0,71	0,70	0,72	0,71	0,71
Máximo	0,98	0,97	0,96	0,94	0,98	1,09	1,10	1,09	1,14	1,14	1,20	1,18	1,18	1,18	1,20	0,81	0,85	0,82	0,79	0,85
Coef. Variação	15,4%	17,3%	18,2%	16,5%	17,0%	16,9%	17,0%	15,2%	19,0%	17,2%	25,5%	22,5%	22,1%	24,0%	24,1%	8,4%	11,1%	12,1%	5,7%	9,8%

Constata-se, então, assim como na PPD A, a necessidade de monitoramento contínuo diante da proximidade de alguns valores ao limite de manutenção após a estabilização do revestimento. A tendência de redução do coeficiente de atrito pode estar associada ao acúmulo de contaminantes, à ação do tráfego e das condições climáticas, bem como ao desgaste natural da textura superficial. Esses fatores podem, ao longo do tempo, demandar M&R.

O Gráfico 5 apresenta a média anual do coeficiente de atrito por seção e por ponto de medição, com o objetivo de permitir comparações entre os diferentes lados e distâncias em relação ao eixo da PPD B. O Gráfico 6, por sua vez, exibe os valores médios obtidos ao longo da extensão da PPD B, para cada seção, considerando o período de monitoramento (2020 a 2023). Em ambos os gráficos estão destacados o limite de manutenção (0,53) e o valor mínimo (0,43) para o equipamento *Grip Tester*.

Gráfico 5 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD B

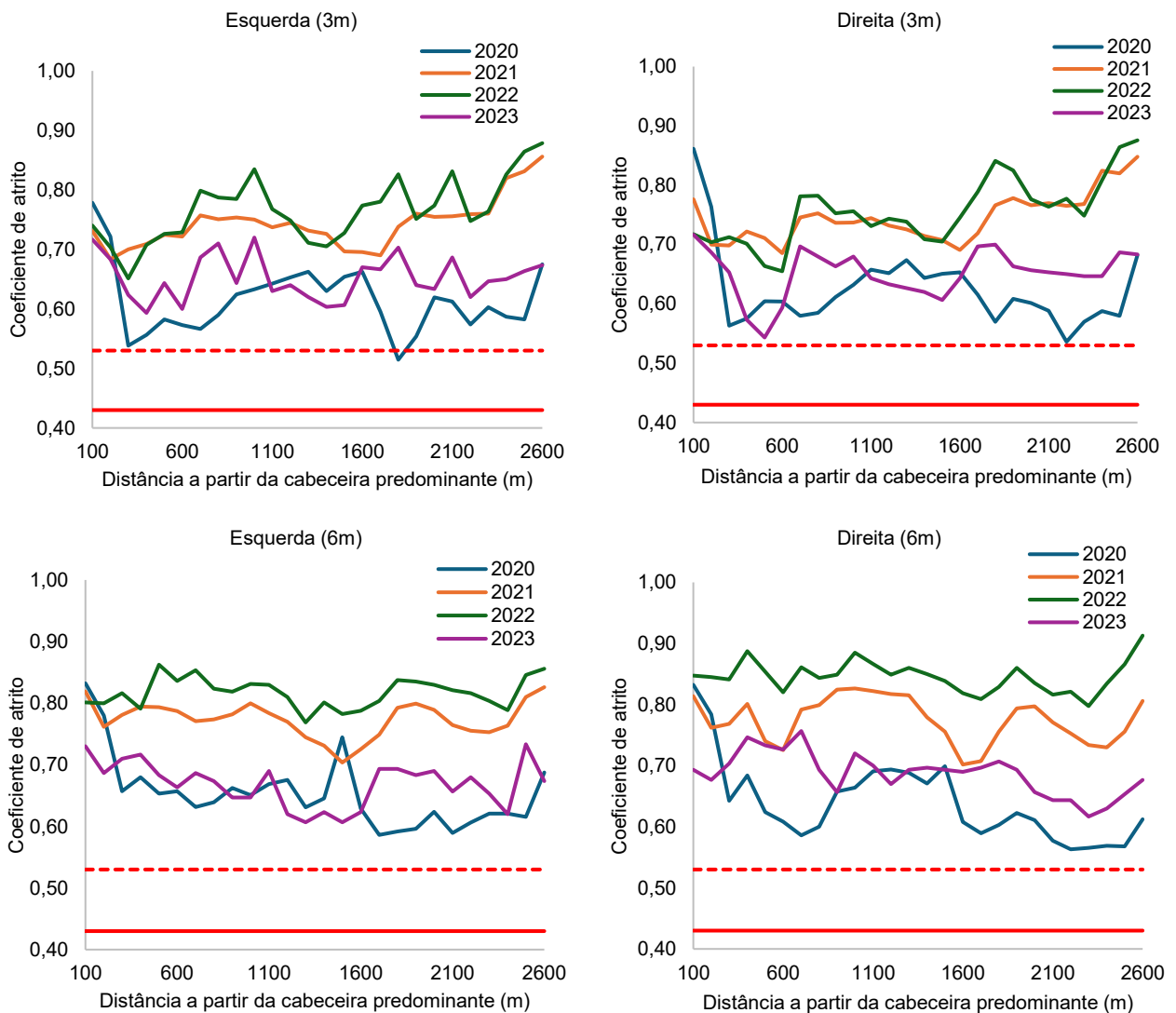
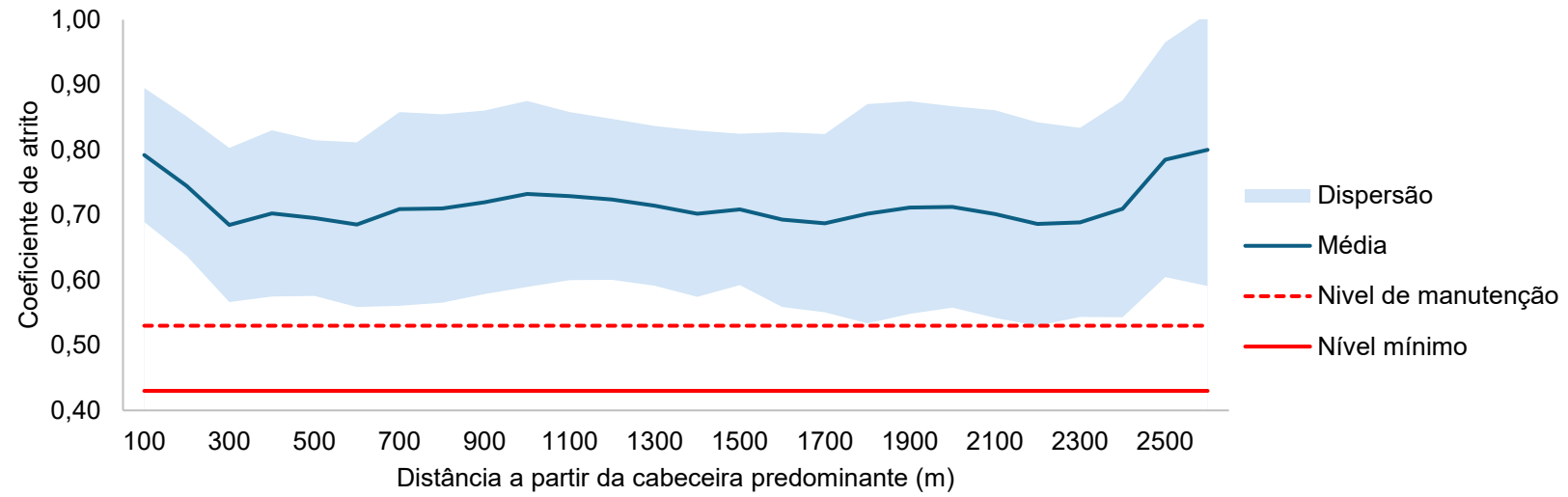


Gráfico 6 – Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD B

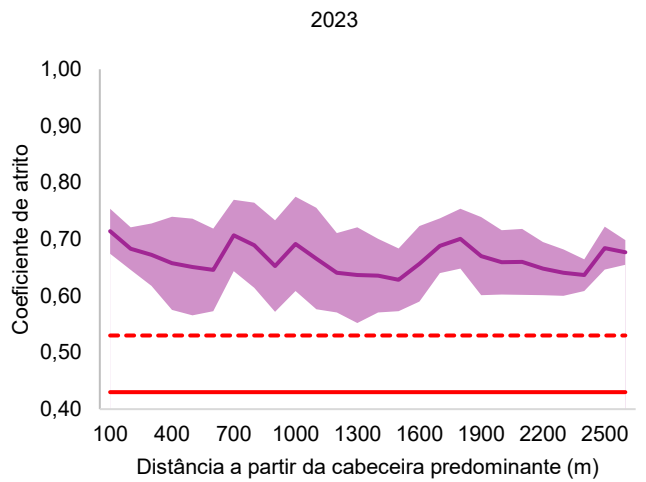
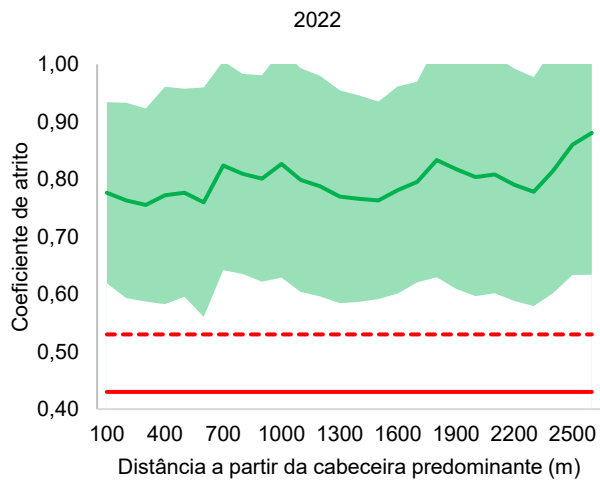
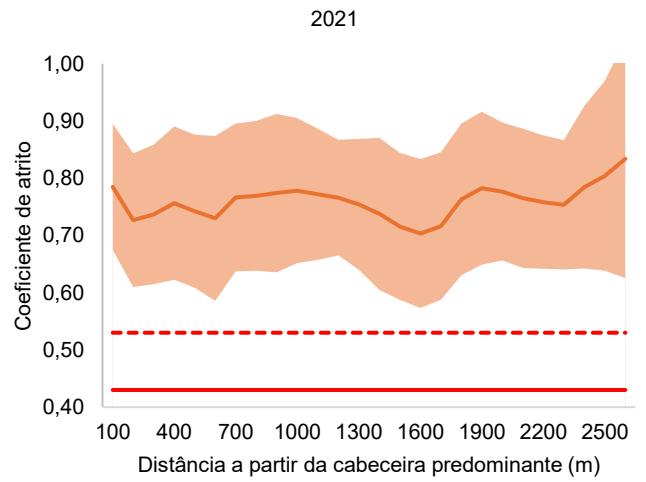
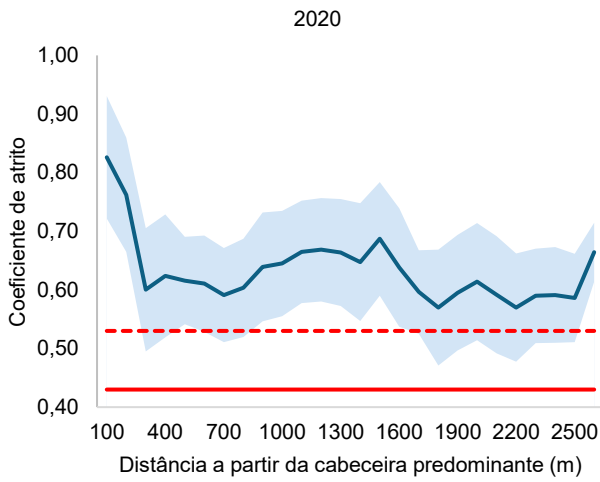
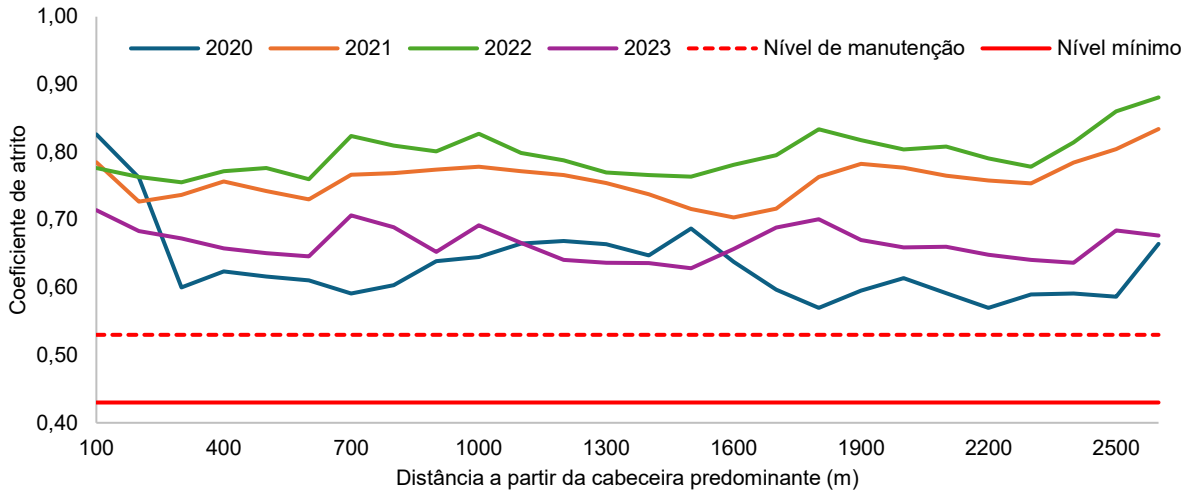


O Gráfico 5 demonstra que, independentemente da posição (esquerda ou direita) e da distância em relação ao eixo (3 m ou 6 m), o primeiro e o terceiro terço, a partir da cabeceira predominante da PPD B, apresentam os menores valores médios de coeficiente de atrito, enquanto as seções intermediárias apresentam os melhores resultados. Além disso, observa-se uma redução geral nos valores em 2023, com destaque para a aproximação dos resultados, especialmente nas seções situadas a 3 m do eixo do limite de manutenção (0,53). Dessa forma, conclui-se que há uma tendência de diminuição dos coeficientes de atrito ao longo do tempo, o que reforça a necessidade de M&R para garantir a resistência à derrapagem na PPD.

Os dados do Gráfico 6 indicam uma distribuição mais uniforme dos valores ao longo da extensão da PPD B, se comparados aos valores da PPD A, por exemplo. Apenas as seções localizadas nas extremidades, especificamente as seções 100 e 200, e 2500 e 2600, apresentam médias elevadas e discrepantes em relação ao restante da PPD. Esse comportamento sugere que as M&R realizadas foram eficazes não apenas em manter os valores médios acima do limite de manutenção estabelecido (0,53), mas também garantiram uniformidade de valores. Essa análise gráfica está em consonância com a análise de variância (ANOVA), que apontou ausência de diferença estatisticamente significativa entre as médias dos três terços da PPD. Foram analisadas as médias anuais ao longo da extensão da PPD B, calculadas a partir da média dos quatro pontos de medição por seção.

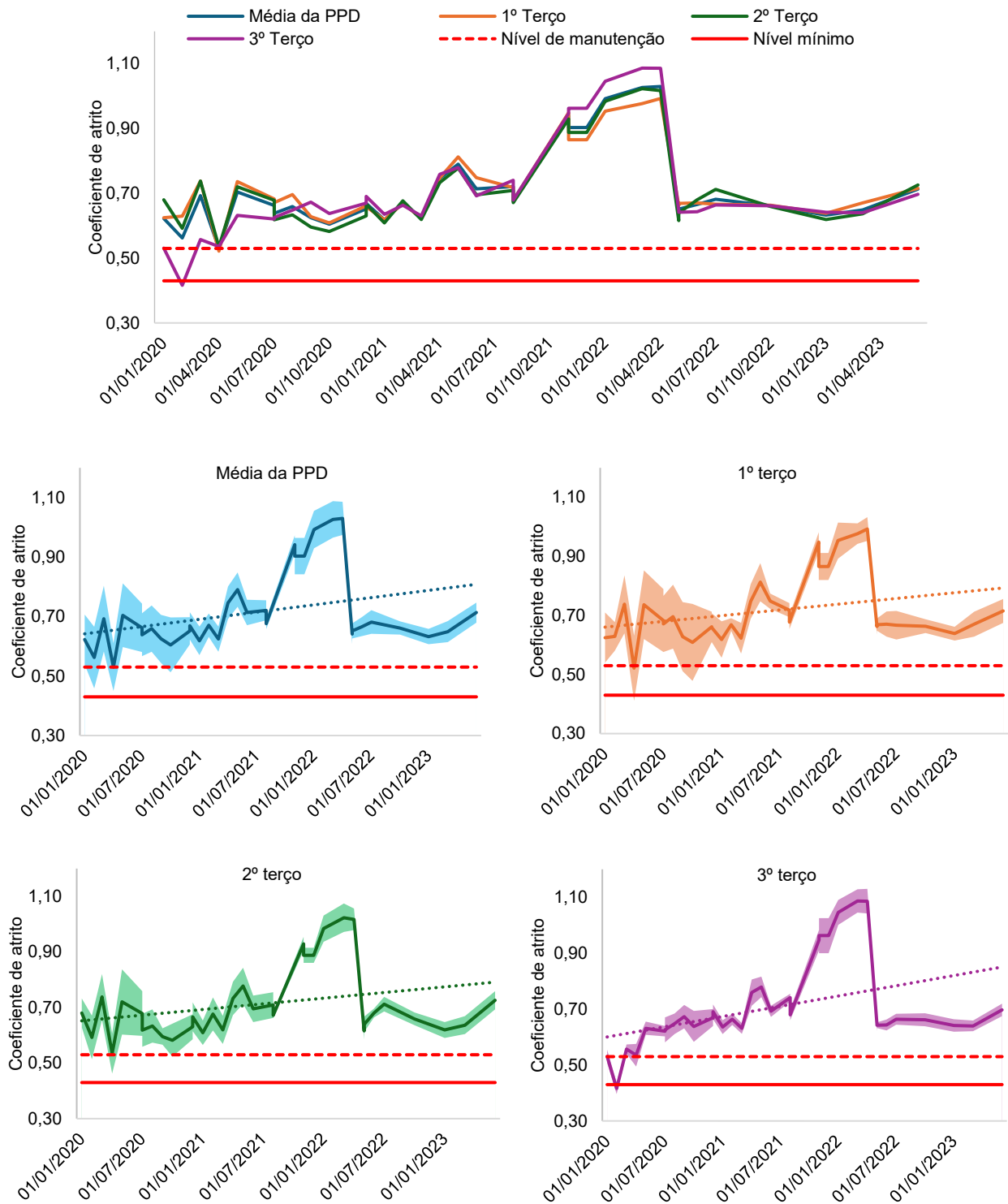
O Gráfico 7 apresenta os valores de tendência central (médias) e de dispersão (desvios padrão) para cada ano de monitoramento, em função da distância medida a partir da cabeceira predominante. Analisando os dados, é evidenciado que o ano de 2020, anterior à finalização da substituição do revestimento, apresenta os menores valores de coeficiente de atrito. Após a intervenção, observa-se um aumento tanto na média quanto na dispersão dos valores, em 2021 e 2022. Em 2023, verifica-se uma tendência de redução, tanto na média do coeficiente de atrito quanto na dispersão, sugerindo um processo desgaste da textura superficial da PPD B. Essas observações estão em conformidade com os dados apresentados na Tabela 10. Assim, o monitoramento contínuo das condições de resistência à derrapagem é essencial para evitar que os parâmetros atinjam níveis críticos e para garantir que as estratégias de M&R sejam realizadas de forma oportuna e eficiente.

Gráfico 7 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD B



O Gráfico 8 apresenta uma análise temporal do coeficiente de atrito da PPD B, considerando tanto o comportamento da pista como um todo quanto a divisão por terços. O gráfico exibe a tendência central dos valores, representada pela média, e a dispersão em relação a essa média, indicada pela área sombreada correspondente ao desvio padrão.

Gráfico 8 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD B



Os dados apresentados no Gráfico 8 indicam, de forma geral, um aumento nos valores do coeficiente de atrito após a reabilitação realizada em 2021, com um pico observado em 2022. A partir de maio de 2022, observa-se uma redução na média e na dispersão dos dados, tanto para a PPD B como um todo quanto para cada um dos seus três terços. A comparação visual entre os terços revela comportamentos semelhantes ao longo do tempo, o que ratifica os resultados apresentados nos gráficos anteriores, bem como o do teste ANOVA. Dessa forma, pode-se concluir que o revestimento com *grooving*, juntamente com as estratégias M&R implementadas, contribuiu para a manutenção da uniformidade dos valores do coeficiente de atrito entre os terços ao longo do período analisado, distinguindo o comportamento da PPD B em relação às PPDs A e C.

A análise dos dados históricos coletados revelou uma tendência de redução do coeficiente de atrito a partir de maio de 2022, além de uma maior uniformidade nos valores desse parâmetro entre os terços da PPD B. Considerando essa tendência de redução, é razoável afirmar que, em algum momento, será necessária a realização de algum tipo de M&R. Com base nesses levantamentos, foram desenvolvidos modelos matemáticos de previsão. De modo geral, os modelos de progressão e as previsões indicaram uma tendência decrescente do coeficiente de atrito ao longo do tempo após a reabilitação. Os quatro modelos preditivos elaborados para a PPD B estão apresentados no Apêndice C.

4.1.3 Condições da resistência à derrapagem da PPD C

Na Tabela 11 é exibida a análise exploratória dos dados correspondentes às diferentes seções da PPD C, abrangendo o período de levantamento. Verifica-se que, em todas as seções analisadas, os valores médios do coeficiente de atrito permanecem superiores aos limites estabelecidos — sendo 0,53 o limite de manutenção e 0,43 o limite mínimo — de acordo com as especificações do equipamento *Grip Tester*, utilizado nas medições.

O primeiro terço registra a maior média, de 0,78, enquanto o segundo terço possui um valor intermediário, equivalente à média geral da PPD. O terceiro terço, enquanto isso, apresenta a menor média, indicando as condições mais críticas para o coeficiente de atrito. É importante ressaltar que o levantamento na PPD C difere do realizado nas PPDs A e B, pois inicia-se a partir da cabeceira não predominante. Dessa forma, no caso da PPD C, o terceiro terço corresponde à área próxima à cabeceira predominante das operações de pouso e aceleração para decolagem.

Tabela 11 - Análise exploratória dos dados de coeficiente de atrito por seção da PPD C

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,76	0,09	0,61	0,69	0,77	0,86	0,92	12,38%
200	0,80	0,09	0,69	0,73	0,79	0,88	1,02	10,81%
300	0,77	0,10	0,64	0,69	0,78	0,85	0,96	12,31%
400	0,76	0,10	0,59	0,68	0,77	0,82	0,92	12,81%
500	0,75	0,09	0,59	0,69	0,75	0,83	0,88	12,37%
600	0,76	0,09	0,60	0,69	0,76	0,86	0,90	12,11%
700	0,80	0,09	0,64	0,73	0,80	0,87	0,94	10,97%
800	0,80	0,08	0,66	0,72	0,80	0,86	0,94	10,60%
900	0,69	0,11	0,56	0,62	0,66	0,78	0,89	15,30%
1000	0,72	0,08	0,61	0,66	0,71	0,80	0,87	10,85%
1/3	0,78	0,09	0,61	0,71	0,78	0,86	1,02	11,83%
2/3	0,76	0,09	0,59	0,69	0,76	0,83	0,92	12,25%
3/3	0,75	0,10	0,56	0,68	0,75	0,83	0,94	13,22%
PPD	0,76	0,10	0,56	0,69	0,76	0,84	1,02	12,55%

Comparativamente às PPDs A e B, a PPD C apresenta valores mais elevados de coeficiente de atrito, o que pode ser observado tanto pelos seus valores de média e quartis quanto pelos valores mínimos. Isso sugere que o revestimento em CPA oferece um desempenho adequado em termos de resistência à derrapagem, resultando em maiores valores de coeficiente de atrito. Em relação aos valores de coeficiente de variação (CV), a PPD C se aproxima mais da PPD A, enquanto a PPD B (que possui revestimento de concreto asfáltico com *grooving*) destaca-se por apresentar a maior dispersão, o que indica maior variabilidade.

A análise do coeficiente de variação revela diferenças no comportamento dos terços da PPD C ao longo do tempo. O terceiro terço apresentou a maior dispersão nos dados, com um coeficiente de variação de 13,22%, o que indica menor estabilidade nos valores do coeficiente de atrito registrados nesse segmento. Esse comportamento é similar ao observado no trecho próximo à cabeceira predominante da PPD A (primeiro terço). No entanto, os valores do coeficiente nesse trecho são os menores, o que evidencia a necessidade de M&R e um acompanhamento rigoroso dessa área.

Um teste ANOVA de fator único foi realizado para comparar as diferenças nos coeficientes de atrito entre os três terços da PPD C. O teste considerou todos os valores obtidos para as seções correspondentes a cada terço (1º terço: 0 a 300 m; 2º terço: 300 a 600 m; 3º terço: 600 a 1000 m). O valor F determinado foi de 3,08 e o valor-p foi de 0,04. Esses resultados fornecem evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de igualdade das médias, indicando que as médias dos coeficientes de atrito entre os três terços da PPD C são estatisticamente

diferentes, com um nível de significância $\alpha = 5\%$. Assim, as variações nos coeficientes de atrito indicam que os terços apresentam comportamentos significativamente distintos em relação às condições de resistência à derrapagem.

Os resultados dos testes ANOVA mostram diferença apenas para a PPD B (com *grooving*), que foi a única a apresentar um resultado indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de igualdade das médias. As diferenças entre os terços podem ser explicadas pelas distintas cargas solicitações a que cada segmento da PPD está sujeito. A região próxima à cabeceira predominante, especialmente em seus primeiros metros, é solicitada com maior intensidade devido ao impacto inicial das aeronaves (zona de toque) e aceleração antes da decolagem. Isso pode acabar por reduzir os valores do coeficiente de atrito, tanto pelo desgaste da superfície quanto pelo acúmulo de borracha ocasionado pelas frenagens.

A Tabela 12 apresenta a análise exploratória dos dados anuais do coeficiente de atrito do pavimento da PPD C, considerando os valores por ponto de aferição e os resultados agregados da PPD como um todo. A análise da série temporal de 2020 a 2023 indica uma tendência de redução nas médias dos três pontos avaliados (Esquerda, Direita e PPD), refletindo a deterioração do indicador no período. Houve também queda nos valores mínimos e máximos, sugerindo piora geral no desempenho do coeficiente de atrito. Não é possível identificar diferenças entre os pontos de medição, o que indica que a tendência de redução observada não se restringe a um segmento específico. O ano de 2023 apresentou o pior desempenho, com valores mínimos iguais ao limite de manutenção (0,53), conforme critério para o *Grip Tester* (Brasil, 2023a), evidenciando a necessidade de intervenção em ao menos uma seção.

Os valores máximos variaram entre 0,80 e 1,05, com os maiores registros em 2022. A oscilação nos dados é evidenciada pelos coeficientes de variação, que variaram de 6,7% a 14,6%. Essas flutuações podem ser atribuídas à natureza multifatorial do coeficiente e à remoção periódica do acúmulo de borracha, que tende a gerar variações cíclicas nas medições.

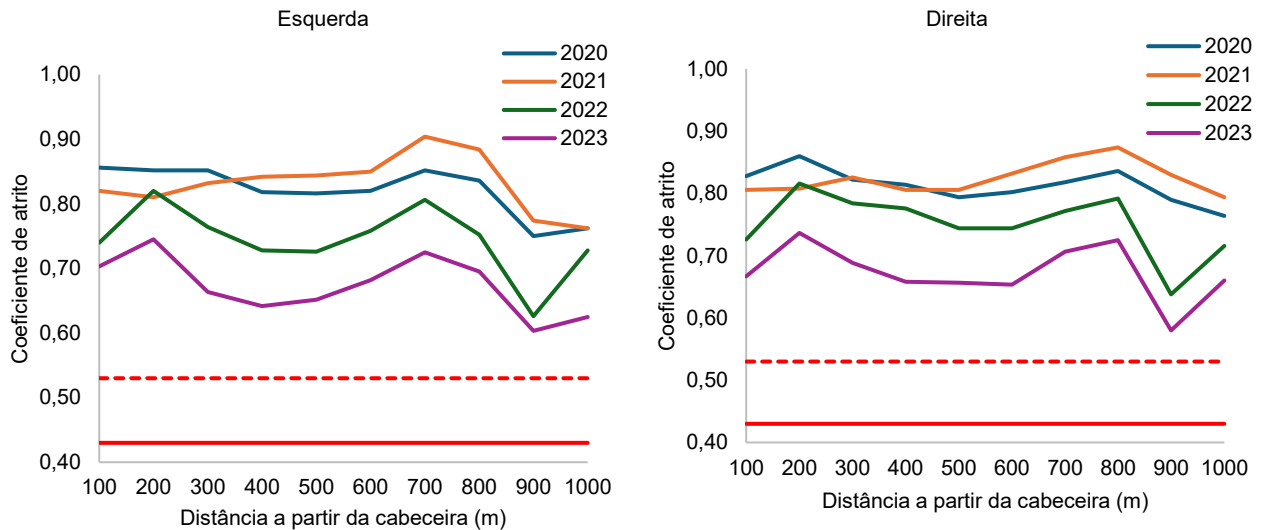
Diante da análise dos dados de levantamento, percebe-se o monitoramento do coeficiente de atrito é necessário. A tendência de queda observada nas três PPDs pode estar associada tanto ao desgaste natural da textura superficial e ao acúmulo gradual de contaminantes quanto à perda de eficiência dos processos de remoção de borracha ao longo do tempo. Com a progressiva degradação da textura superficial, ações de remoção de borracha isoladas tendem a se tornar menos eficazes, podendo ser insuficientes para restaurar os níveis adequados de resistência à derrapagem. Nesse contexto, intervenções mais abrangentes, como M&R podem se tornar necessárias.

Tabela 12 - Análise exploratória do coeficiente de atrito médio anual da PPD C

Métrica estatística	2020			2021			2022			2023		
	Esquerda	Direita	PPD	Esquerda	Direita	PPD	Esquerda	Direita	PPD	Esquerda	Direita	PPD
Média	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,83	0,74	0,75	0,75	0,67	0,67	0,67
Desvio padrão	0,07	0,05	0,06	0,08	0,07	0,08	0,11	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07
Mínimo	0,65	0,67	0,65	0,65	0,67	0,65	0,55	0,61	0,55	0,55	0,53	0,53
Q1	0,77	0,78	0,77	0,78	0,77	0,78	0,68	0,68	0,68	0,63	0,62	0,62
Mediana	0,81	0,82	0,81	0,83	0,84	0,83	0,73	0,74	0,73	0,68	0,68	0,68
Q3	0,89	0,85	0,85	0,90	0,89	0,89	0,79	0,82	0,81	0,73	0,73	0,73
Máximo	0,94	0,95	0,95	0,98	0,92	0,98	1,05	0,99	1,05	0,86	0,80	0,86
Coef. Variação	8,6%	6,7%	7,7%	10,1%	8,3%	9,2%	14,6%	11,8%	13,2%	10,3%	9,4%	9,9%

Outra abordagem adotada foi a comparação do comportamento do coeficiente de atrito entre os diferentes pontos de medição da PPD C. O Gráfico 9 apresenta a média anual por seção e por ponto de medição, em relação aos valores de referência do *Grip Tester*: limite de manutenção (0,53) e limite mínimo (0,43).

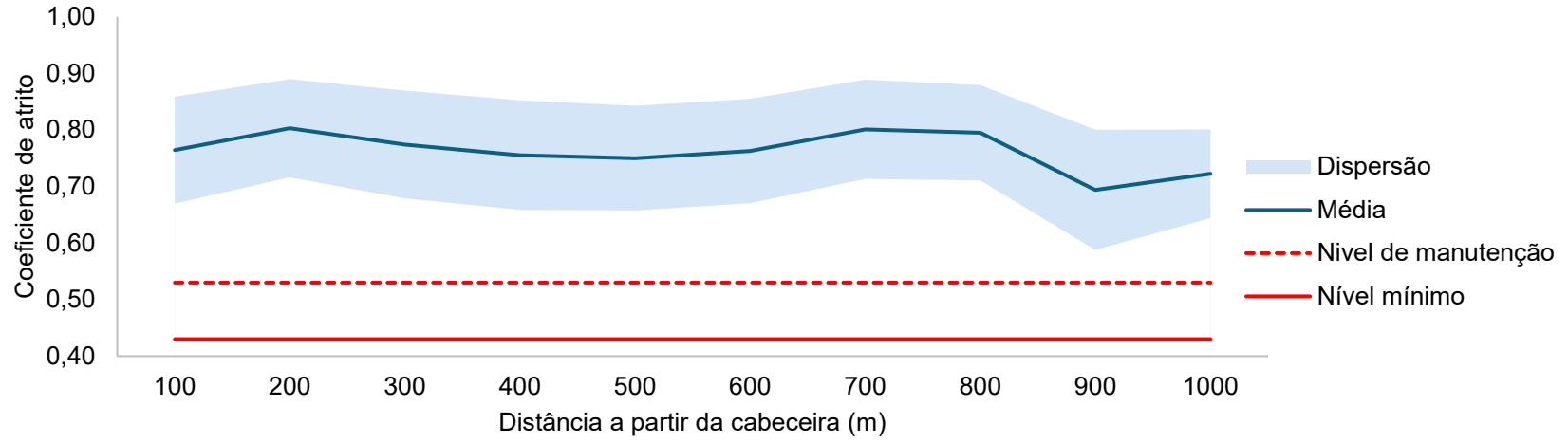
Gráfico 9 - Coeficiente de atrito médio anual por seção, lado e distância ao eixo da PPD C



O Gráfico 9 demonstra uma tendência de redução do coeficiente de atrito ao longo do período analisado, independentemente do lado da pista (esquerdo ou direito). Observa-se que as seções localizadas a 100 m e 900 m da cabeceira não predominante concentram, em geral, os menores valores, enquanto as seções a 200 m e 700 m apresentam os maiores. As seções intermediárias tendem a manter valores anuais médios similares entre si. Importante destacar que, embora nenhuma das médias anuais tenha atingido valores inferiores ao limite de manutenção estabelecido (0,53), a tendência de redução do coeficiente de atrito reforça a importância de manter os levantamentos com a periodicidade recomendada pela ANAC, bem como assegurar a adequada execução das estratégias de M&R.

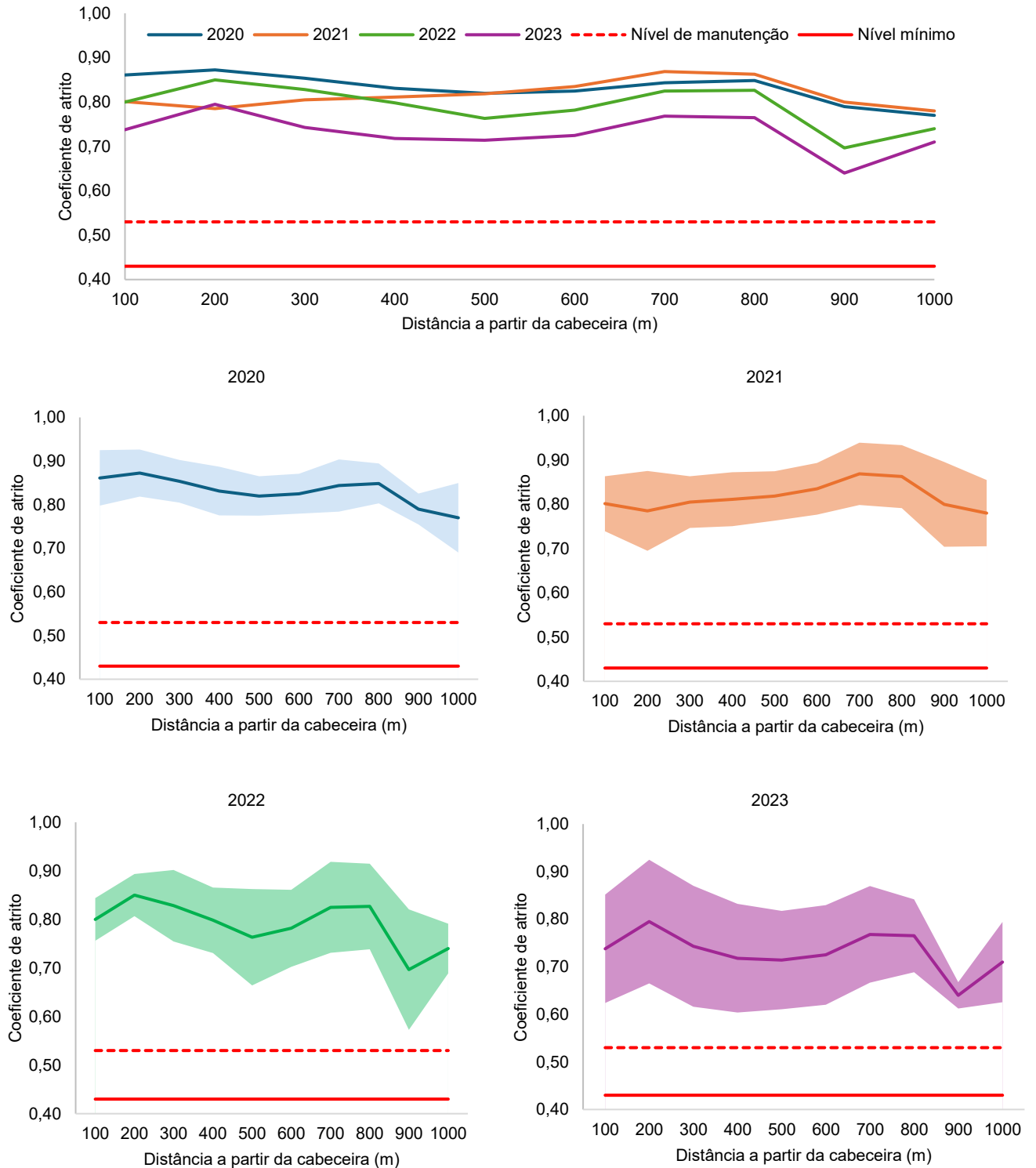
Os valores médios obtidos para cada seção da pista ao longo do período analisado, considerando média dos quatro pontos de medição, são apresentados no Gráfico 10. Pode-se observar que as seções iniciais a partir da cabeceira predominante (a 900 m e a 1000 m) apresentam as menores médias do coeficiente de atrito, enquanto os trechos centrais (segundo terço) demonstram o melhor desempenho. Todas as médias permanecem acima do limite de manutenção estabelecido (0,53) para o *Grip Tester*.

Gráfico 10 - Coeficiente de atrito médio ao longo da extensão da PPD C



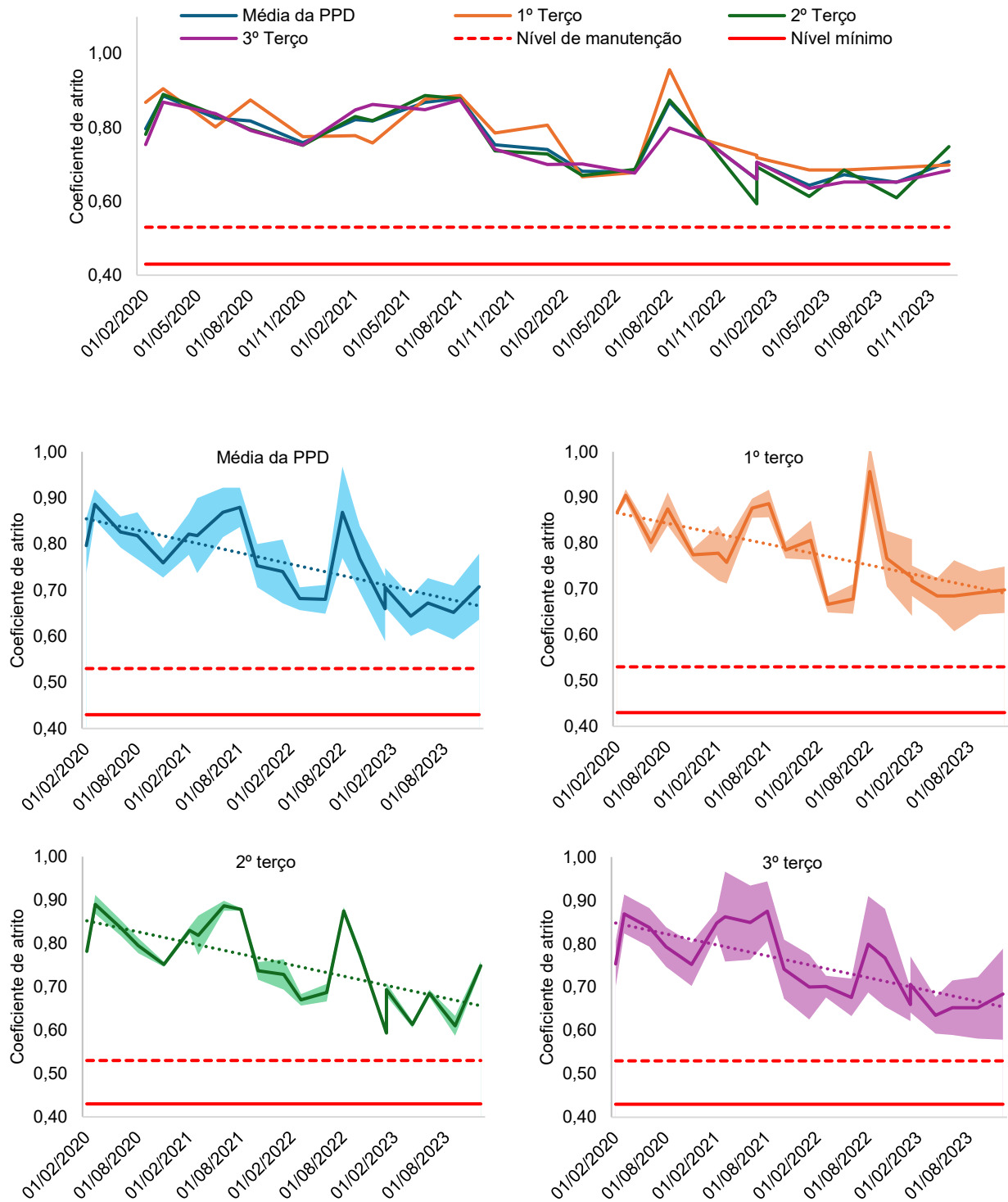
O Gráfico 11 mostra a tendência central (média) e a dispersão (desvio padrão) dos dados para cada ano de levantamento. Para isso, foi considerada a média dos quatro pontos de medição por seção.

Gráfico 11 - Coeficiente de atrito médio anual ao longo da extensão da PPD C



O Gráfico 12 apresenta a variação temporal do coeficiente de atrito da PPD C. A análise considera tanto o comportamento geral da pista quanto sua divisão em terços, destacando a média e a respectiva dispersão em relação à média.

Gráfico 12 - Evolução temporal do coeficiente de atrito médio da PPD C



Analisando os dados apresentados no Gráfico 11, observa-se uma confirmação das conclusões previamente discutidas, demonstrando que o terceiro terço da PPD C apresenta os menores valores de coeficiente de atrito e que há uma tendência de diminuição dos valores do parâmetro ao longo do tempo. Ademais, essa redução é acompanhada por um aumento na dispersão, o que sugere oscilação mais acentuada dos valores. Esse comportamento evidencia que a previsibilidade do coeficiente de atrito não é simples, ressaltando a importância de manter o monitoramento contínuo por meio de levantamentos periódicos, a fim de garantir que as M&R sejam realizadas de maneira adequada e tempestiva.

Os dados do Gráfico 12 mostram que o terceiro terço da PPD concentra os menores valores médios de coeficiente de atrito. Observa-se também uma redução nos valores médios ao longo do tempo, acompanhada por um aumento na dispersão dos dados. Esse comportamento evidencia não apenas uma redução no coeficiente de atrito, mas também uma crescente variabilidade nos resultados. A média registrada em 2020 foi 0,83, enquanto em 2023 decresceu para 0,73. Mesmo o valor máximo registrado em 2023 (0,80) foi inferior à média de 2020.

O Gráfico 12 também revela uma tendência de redução do coeficiente de atrito ao longo do tempo, conforme demonstrado pelas linhas de tendência. Em fevereiro de 2020, no início do período analisado, a média do coeficiente de atrito da PPD era de 0,80, decrescendo para 0,71 em dezembro de 2023 (11,25% de decrescimento), com o valor médio mais baixo registrado em abril de 2023 (0,64). Essa tendência é visualizada tanto na média geral da pista quanto nos valores correspondentes a cada um dos seus terços.

O terço final da PPD, correspondente às seções próximas à cabeceira predominante, apresentou a maior intensidade de decrescimento ao longo do período. Esse segmento também apresenta a maior dispersão dos dados, indicando maior variabilidade entre as seções, para um mesmo levantamento. Em 8 dos 21 levantamentos realizados, esse terço concentrou os menores valores médios de coeficiente de atrito. Por sua vez, o segundo terço demonstrou a menor variabilidade, enquanto o primeiro terço, embora também localizado próximo a uma cabeceira, registrou as médias a maior parte das maiores médias ao longo do tempo.

A análise dos levantamentos de coeficiente de atrito da PPD C permitiu identificar uma tendência de redução do parâmetro ao longo do tempo, além de uma possível diferenciação de comportamento entre os terços de pista. Com base nos dados, foram desenvolvidos modelos matemáticos de previsão. De modo geral, os modelos de progressão indicaram uma oscilação com tendência decrescente do coeficiente de atrito ao longo do tempo. Os modelos elaborados para a PPD C estão apresentados no Apêndice D.

4.2 Análise Determinística do Custo do Ciclo de Vida

Após a análise temporal e espacial do coeficiente de atrito das PPDs, foram comparadas diferentes estratégias de M&R para a resistência à derrapagem, considerando um período de 20 anos. Os itens subsequentes apresentam os resultados encontrados; os detalhes das ACCVs realizadas estão nos Apêndices E, F e G, respectivamente para as PPDs A, B e C.

4.2.1 ACCV determinística da PPD A

A Tabela 13 apresenta os custos determinísticos da ACCV para a PPD A, conforme as estratégias de M&R indicadas pelos diferentes modelos de previsão, organizadas em ordem decrescente de nível de segmentação. Ressalta-se que, neste trabalho, os custos foram representados como valores positivos no cálculo do VPL, uma vez que, na ausência de benefícios e receitas, essa abordagem facilita a interpretação dos resultados. Assim, valores mais baixos de VPL indicam menores custos.

Tabela 13 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD A

Alternativa	VPL (R\$)			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
A	2.873.784,74	2.611.177,27	2.818.888,68	2.573.946,91
B	1.735.240,50	1.470.970,84	1.452.283,06	1.271.472,07
C	2.503.529,52	2.278.632,23	2.373.284,66	-

De modo geral, a redução no nível de segregação está associada à diminuição dos custos. A Alternativa A apresenta o maior custo no Modelo 1, sendo 10,05% superior ao do Modelo 2 e 1,95% superior ao do Modelo 3. Para a Alternativa B, o menor custo ocorre no Modelo 2, com uma redução de 15,24% em relação ao Modelo 1 e de 1,29% em relação ao Modelo 3. A Alternativa C apresenta o maior custo no Modelo 1, sendo 9,86% superior ao do Modelo 2 e 5,49% superior ao do Modelo 3.

A escolha do nível de agregação dos dados na modelagem preditiva do coeficiente de atrito influencia diretamente a acurácia dos resultados e a viabilidade operacional das intervenções de M&R. O Modelo 1, caracterizado pelo maior grau de detalhamento espacial, possibilita a identificação de variações locais no coeficiente de atrito. Essa maior granularidade permite o direcionamento dos investimentos com M&R, otimizando a alocação dos recursos e priorizando segmentos críticos. Essa abordagem pode mostrar-se vantajosa em PPDs com

elevado volume de tráfego ou com alta heterogeneidade das condições superficiais, uma vez que contribui para a minimizar de impactos nas operações aeroportuárias. Por outro lado, o nível elevado de detalhamento tende a aumentar a complexidade logística das intervenções, e pode elevar os custos operacionais, em função da necessidade de mobilização de equipes e equipamentos para áreas restritas da PPD.

O Modelo 2 mantém certa sensibilidade para identificar valores críticos e reduz a complexidade operacional associada ao Modelo 1, possibilitando um planejamento mais eficiente das M&R. No entanto, a suavização das variações pode ocultar valores críticos localizados, o que pode ter implicações negativas para a segurança operacional.

O Modelo 3, estruturado com base na divisão da PPD em terços, simplifica o planejamento das intervenções, sendo apropriada para a formulação de estratégias de M&R de maior abrangência, além de contribuir para a redução dos impactos de mobilização. Em contrapartida, a agregação dos dados pode ocultar a presença de trechos com coeficiente de atrito abaixo dos níveis desejáveis, conduzindo a decisões menos precisas. Adicionalmente, existe a possibilidade de se promover intervenções em áreas que ainda apresentam desempenho satisfatório, resultando em desperdício de recursos.

O Modelo 4, por sua vez, que se baseia no valor médio do coeficiente de atrito para toda a extensão da PPD, simplifica o planejamento de longo prazo. Contudo, o elevado grau de agregação tende a comprometer a sensibilidade da previsão. Como consequência, há um risco de que valores críticos localizados permaneçam não identificados, ocasionando decisões inadequadas, por meio de ações tardias ou excessivas, afetando negativamente a segurança operacional e os custos do ciclo de vida da PPD.

De todo modo, observa-se na Tabela 13, que o Modelo 1 apresenta o maior custo para as três alternativas. No entanto, esse resultado não implica, necessariamente, em sua exclusão. O aumento dos custos observado nesse modelo decorre de sua maior sensibilidade à identificação de valores críticos, uma vez que sua formulação não adota o agrupamento de dados, o que evita a negligência de trechos com coeficientes de atrito inferiores ao mínimo estabelecido (0,43). Nos demais modelos, baseados na média do comportamento das seções, há maior imprecisão na estimativa da deterioração da textura superficial, o que pode resultar na subestimação dos custos de M&R. Dessa forma, os modelos menos segregados podem não capturar adequadamente as variações pontuais do coeficiente de atrito e da resistência à derrapagem, comprometendo a precisão na estimativa dos riscos à segurança operacional.

A Tabela 14 apresenta a quantidade de intervenções previstas para cada Modelo e Alternativa da ACCV para a PPD A ao longo do período de análise de 20 anos (2024 – 2043). Vale ressaltar que as áreas de intervenção de cada modelo são distintas.

Tabela 14 – Quantidade de intervenções previstas para a PPD A

Modelo	Alternativa A	Alternativa B		Alternativa C	
	RC	MP	RC	MP	RC
Modelo 1	199	176	127	68	176
Modelo 2	47	42	28	15	42
Modelo 3	6	6	3	2	5
Modelo 4	2	1	1	-	-

MP: Manutenção Preventiva; RC: recomposição do revestimento

Observa-se que, à medida que o nível de agrupamento dos dados utilizados na geração do modelo de previsão aumenta, além de ocorrerem maiores custos, a quantidade de M&R previstas tende a diminuir. Considerando a Alternativa A como referência, por exemplo, em determinadas seções, o Modelo 1 prevê até cinco reabilitações (em média uma a cada quatro anos), conforme o coeficiente de atrito atinge valores inferiores a 0,43. Por outro lado, no Modelo 4, essas mesmas seções não receberiam intervenções nos momentos críticos, sendo previstas apenas duas reabilitações ao longo do período analisado (uma a cada dez anos), executadas em toda a extensão da PPD. Essa abordagem pode comprometer a efetividade das ações de M&R, a resistência à derrapagem e, conseqüentemente, a segurança operacional.

Em contrapartida, também há situações em que o Modelo 1 prevê nenhuma ou apenas uma reabilitação ao longo dos 20 anos, enquanto os modelos menos segregados podem programar intervenções desnecessárias em trechos que não requerem manutenção. Assim, observam-se variações na tomada de decisão conforme o modelo adotado, devendo ser levado em consideração aspectos como o volume de tráfego, a possibilidade de interrupção das operações, as exigências regulatórias e os custos de mobilização, especialmente em aeródromos localizados em regiões remotas.

Em relação às alternativas de análise, a Alternativa A, baseada na estratégia de "Não fazer nada", na qual a reabilitação é realizada apenas quando o coeficiente de atrito atinge o valor mínimo de 0,43 determinado por Brasil (2023a) apresenta o maior custo em valor presente, sendo, portanto, a opção mais onerosa. Realizar intervenções somente em condições críticas demonstrou ser ineficaz, resultando em maiores custos acumulados ao longo do tempo.

A Alternativa B adotou um regime de manutenção preventiva (nível de manutenção) intercalada com a reabilitação (nível mínimo). Essa alternativa demonstrou-se mais favorável em termos de custos em comparação à Alternativa A, reduzindo os investimentos necessários em 39,6% no Modelo 1. Embora ainda apresente trechos com coeficiente de atrito abaixo do valor mínimo em determinados períodos, esses eventos ocorrem com menor frequência do que na Alternativa A. Ademais, apesar de possuir intervenções mais frequentes que a Alternativa A, a Alternativa B apresenta um VPL favorável devido ao menor custo da manutenção preventiva.

A Alternativa C, que se revelou a alternativa com custo intermediário, propôs intercalar a M&R apenas no primeiro terço da pista, enquanto os outros dois terços, menos solicitados durante o pouso e com menor acúmulo de borracha, seriam submetidos a reabilitações somente quando necessário (coeficiente de atrito $< 0,43$). Essa abordagem minimizou os custos ao evitar intervenções excessivas em áreas com menor demanda, mantendo, ao mesmo tempo, os níveis de segurança operacional exigidos.

Sob essa perspectiva, a Alternativa A, apesar de apresentar menor número de intervenções imediatas, resultou nos maiores custos acumulados ao longo do período analisado. A Alternativa B, em contrapartida, apresentou o menor custo total, conciliando eficiência econômica com a preservação das condições de resistência à derrapagem.

Tendo em vista a variabilidade do coeficiente de atrito ao longo da extensão da PPD A, optou-se por realizar a análise segmentada por terços (Tabela 15). Considerou-se a adoção do modelo mais segmentado (Modelo 1), com o objetivo de evitar a omissão de trechos com valores inferiores ao limite mínimo de 0,43, sob a perspectiva de aprimoramento da tomada de decisão, proporcionado pela maior segmentação. Nessa análise, foram incluídos os custos referentes à remoção do acúmulo de borracha, os quais não foram considerados na análise da PPD completa, uma vez que esse valor é constante entre as alternativas e, portanto, pode ser desconsiderado nos resultados comparativos.

Tabela 15 - Custo para manutenção dos terços da PPD A

Alternativa	Trecho				
	Toda a PPD R\$	1º Terço		2º Terço R\$	3º Terço R\$
		Com remoção R\$	Sem remoção R\$		
A	7.017.653,75	5.190.131,00	1.046.261,99	829.878,35	997.644,40
B	5.879.109,51	4.819.875,78	676.006,77	517.379,19	541.854,54
C	6.647.398,53	4.819.875,78	676.006,77	829.878,35	997.644,40

Custo com remoção de borracha no primeiro terço para as três alternativas: R\$ 4.143.869,01.

Observa-se que, para as alternativas A e B, o primeiro terço é o que apresenta os maiores custos totais relacionados às estratégias de M&R, seguido pelo terceiro e, por último, o segundo terço. Esse resultado era previsível, visto que o primeiro terço da PPD concentra as solicitações decorrentes dos pousos, bem como os esforços de arrasto e cisalhamento durante as decolagens com maior intensidade e, como visto na análise dos dados históricos, acaba por ter mais deficiências em relação ao coeficiente de atrito. Além disso, os custos com a remoção do acúmulo de borracha são elevados em relação aos custos totais de M&R para garantir os limites do coeficiente de atrito da PPD, representando 59,0%, 70,5% e 62,3% dos custos totais das alternativas A, B e C, respectivamente.

Para a Alternativa C, ao considerar os custos de M&R do primeiro terço sem incluir a remoção de borracha, verifica-se que esses custos são inferiores aos dos outros dois terços. Isso se deve à decisão de reabilitar o segundo e o terceiro terços apenas em situações críticas, de forma semelhante à Alternativa A, com a priorização de manutenções preventivas mais frequentes apenas no primeiro terço. Esse resultado indica que pode ser necessário priorizar também algumas seções dos outros terços, a fim de evitar custos elevados com reabilitação. Assim, embora a abordagem da Alternativa C tenha buscado evitar intervenções excessivas em áreas de menor demanda, isso resultou em custos mais altos em comparação ao primeiro terço.

4.2.2 *ACCV determinística da PPD B*

A Tabela 16 apresenta os custos determinísticos da ACCV para a PPD B, comparados com base no critério do VPL. Os valores são indicados de acordo com os diferentes modelos de previsão adotados.

Tabela 16 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD B

Alternativa	VPL (R\$)			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
A	6.216.402,43	9.999.177,28	8.806.627,79	7.913.088,29
B	3.313.753,00	5.485.469,80	5.277.372,14	5.141.246,47
C	5.300.814,95	8.589.496,37	7.895.149,22	-

O Modelo 1 apresenta o menor VPL em todas os casos (Alternativas A, B e C). Isso indica que este modelo é o mais econômico, ou seja, demanda um menor investimento em M&R. Para a Alternativa A, o VPL do Modelo 1 é 37,85% inferior ao do Modelo 2, 29,42%

inferior ao do Modelo 3 e 21,74% inferior ao do Modelo 4. Na Alternativa B, o Modelo 1 apresenta reduções de 39,61% em relação ao Modelo 2, 37,22% em relação ao Modelo 3 e 35,56% em relação ao Modelo 4. Para a Alternativa C, o Modelo 1 indica uma redução de 38,27% em relação ao Modelo 2 e 32,86% em relação ao Modelo 3. Esses resultados reforçam a vantagem econômica do Modelo 1, mais segmentado, em todos os cenários analisados, evidenciando que o maior detalhamento do modelo de previsão, para a PPD B, contribui para a otimização das decisões de M&R e para a redução dos custos totais ao longo do tempo.

Assim como observado para a PPD A, cada um dos modelos preditivos apresenta vantagens e desvantagens. Os modelos mais agregados, como o Modelo 2 e o Modelo 3, tendem a apresentar valores de VPL mais elevados. Essa tendência sugere que a redução do nível de segmentação pode comprometer a eficiência econômica das decisões de M&R. Isso pode ocorrer tanto pela adoção de medidas desproporcionais à real necessidade (ou seja, intervenções realizadas em seções nas quais não seriam necessárias em determinado momento), quanto pela omissão de trechos que, isoladamente, exigiriam atenção, mas acabam sendo desconsiderados em função da média dos agrupamentos.

O Modelo 4 apresenta VPL inferior ao dos Modelos 2 e 3 nas alternativas A e B, embora ainda permaneça acima do valor registrado no Modelo 1. Esse resultado indica que, mesmo com menor detalhamento, o Modelo 4 evita M&R excessivas, adotando uma abordagem economicamente mais moderada. No entanto, essa relativa economia possivelmente ocorre com comprometimento da efetividade técnica, visto que a menor segmentação pode levar à postergação de intervenções críticas, afetando o desempenho do coeficiente de atrito e, por consequência, a segurança operacional. Esses resultados reforçam a importância de se avaliar não apenas os custos totais, mas também o nível de previsão das M&R, considerando eficiência econômica e desempenho funcional ao longo do período de análise.

Comparativamente à PPD A, a PPD B apresenta um custo de ciclo de vida mais elevado, exigindo cerca do dobro de investimentos, apesar de possuir extensão semelhante. Isso pode ser atribuído ao *grooving*, que acarreta custos mais elevados com M&R, possivelmente devido à necessidade de serviços mais caros ou à maior frequência de intervenções.

A Tabela 17 apresenta a quantidade de intervenções previstas, ao longo do período de 20 anos (2024–2043), para cada combinação de Modelo e Alternativa de análise da ACCV da PPD B. As áreas de intervenção variam conforme o modelo adotado.

Tabela 17 - Quantidade de intervenções previstas para a PPD B

Modelo	Alternativa A	Alternativa B		Alternativa C	
	RC	MP	RC	MP	RC
Modelo 1	255	182	130	59	215
Modelo 2	100	63	54	18	86
Modelo 3	10	8	6	3	9
Modelo 4	3	2	2	-	-

MP: Manutenção Preventiva; RC: recomposição do revestimento

Quanto maior o nível de segmentação do modelo de previsão, maior a quantidade de M&R previstas. De forma semelhante ao que ocorre na PPD A, algumas seções atingem o nível de manutenção (0,53) ou o limite mínimo (0,43) em modelos mais detalhados, enquanto, em modelos menos segmentados, essa condição acaba não sendo identificada. Dessa forma, há variações na tomada de decisão conforme o modelo adotado. Abordagens que considerem modelos de previsão formulados com base em dados mais agrupados podem comprometer a efetividade das estratégias de M&R, reduzir a resistência à derrapagem e, conseqüentemente, prejudicar a segurança operacional. É importante destacar, ainda, que a quantidade de intervenções previstas para a PPD B é superior à da PPD A, o que contribui para a elevação de investimentos durante o ciclo de vida.

No que diz respeito às alternativas de análise, a Alternativa A apresenta o maior VPL, mostrando-se como a alternativa de maior custo. Essa alternativa é caracterizada por adotar a estratégia de "Não fazer nada", ou seja, em que as estratégias de M&R são aplicadas apenas em forma de recomposição do revestimento quando o coeficiente de atrito atinge o valor mínimo de 0,43 estabelecido por Brasil (2023a). A adoção de intervenções apenas em situações críticas mostrou-se ineficiente, resultando em um acúmulo de custos mais elevado ao longo do tempo e ocasionando 46,7% mais custos que a Alternativa B, a mais vantajosa. Nesse sentido, a Alternativa A, apesar de apresentar menor número de intervenções previstas, resultou nos maiores custos acumulados ao longo do período analisado.

A Alternativa B possui o menor VPL entre as alternativas avaliadas, para todos os modelos de previsão, mesmo apresentando a maior quantidade de previsões de M&R. Essa alternativa adotou um critério mais conservador, intercalando manutenção preventiva (nível de manutenção) e reabilitação com recomposição do revestimento (nível mínimo) e demonstrou-se mais favorável em termos de custos. Salienta-se que esse resultado também se deve ao menor custo da manutenção preventiva.

A Alternativa C obteve um VPL intermediário, assim como observado para a PPD A. Essa abordagem possibilitou a redução dos custos ao evitar M&R desnecessárias em áreas com menor solicitação, localizadas fora do primeiro terço da pista, região que, em geral, concentra as maiores demandas decorrentes dos pousos, dos esforços de arrasto e cisalhamento durante as decolagens, além de ser a área mais sujeita ao acúmulo de borracha.

A Tabela 18 exibe a ACCV da PPD B em sua divisão por terços. Os custos apresentados correspondem à utilização do Modelo 1, para que trechos com valores abaixo do limite mínimo (0,43) não fossem desconsiderados. Foram incluídos os custos relacionados à remoção do acúmulo de borracha, os quais não haviam sido contemplados na análise da PPD como um todo, visto que esse custo é constante entre as alternativas.

Tabela 18 - Custo para manutenção dos terços da PPD B

Alternativa	Trecho				
	Toda a PPD R\$	1º Terço		2º Terço R\$	3º Terço R\$
		Com remoção R\$	Sem remoção R\$		
A	9.572.593,71	5.289.432,35	1.933.241,07	2.109.700,31	2.173.461,04
B	6.669.944,28	4.373.844,88	1.017.653,60	1.139.373,23	1.156.726,17
C	8.657.006,24	4.373.844,88	1.017.653,60	2.109.700,31	2.173.461,04

Custo com remoção de borracha no primeiro terço para as três alternativas: R\$ 3.356.191,28.

O primeiro terço apresenta os maiores custos com estratégias de M&R, quando considerados os custos com a remoção do acúmulo de borracha, seguido pelo terceiro terço e, por fim, pelo segundo. No entanto, esse resultado se inverte quando os custos com remoção de borracha são desconsiderados; nesse caso, o primeiro terço apresenta os menores custos totais. Isso se deve ao comportamento do modelo de previsão, que busca representar matematicamente as variações do coeficiente de atrito. Vale destacar que os custos com a remoção do acúmulo de borracha são elevados em relação aos custos totais de M&R, correspondendo a 35,1%, 50,3% e 38,8% dos custos totais das alternativas A, B e C, respectivamente.

O primeiro terço, além de apresentar menor variabilidade no coeficiente de atrito, recebeu intervenções de remoção do acúmulo de borracha durante o período de levantamento de dados utilizados na formulação do modelo. O modelo de previsão reconheceu esses fatores e, ao longo da análise da ACCV, identificou menos ocorrências de valores críticos para M&R nesse trecho (0,53 para manutenção preventiva e 0,43 para reabilitação com substituição do revestimento). Embora tenha ocorrido um declínio nos níveis de atrito a partir de maio de 2022, a presença prévia manutenções preventivas contribuiu para reduzir a incidência de limites

críticos nos dados históricos. Como resultado, o modelo projeta uma menor necessidade de M&R nesse terço em comparação aos demais.

4.2.3 ACCV determinística da PPD C

Na Tabela 19 são detalhados os custos determinísticos da ACCV relativos à PPD C. Os resultados refletem as variações decorrentes da aplicação dos distintos modelos de previsão.

Tabela 19 - Custo determinístico das alternativas avaliadas para a PPD C

Alternativa	VPL (R\$)			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
A	627.499,94	595.043,33	524.372,61	595.071,86
B	320.850,00	295.274,24	270.995,70	275.322,50
C	504.917,67	472.730,96	408.901,28	-

O Modelo 1 apresenta consistentemente os maiores valores de VPL para as Alternativas A, B e C. Para a Alternativa A, o VPL estimado pelo Modelo 1 é 5,44% superior ao do Modelo 2, 19,67% superior ao do Modelo 3 e 5,44% superior ao do Modelo 4. Na Alternativa B, o Modelo 1 apresenta valores 8,68% superiores aos do Modelo 2, 18,39% superiores aos do Modelo 3 e 16,55% superiores aos do Modelo 4. Para a Alternativa C, o VPL do Modelo 1 é 6,81% superior ao do Modelo 2 e 23,48% superior ao do Modelo 3.

À medida que os modelos se tornam mais agrupados (do Modelo 1 para o Modelo 4), observa-se uma redução nos valores de VPL, com o menor valor identificado no Modelo 3. Isso pode indicar que a agregação excessiva de dados para formulação do modelo de previsão suaviza as variações do coeficiente de atrito e, conseqüentemente, resulta em uma estimativa reduzida do VPL, assim como o observado para a PPD A. Ou seja, uma avaliação feita com um modelo preditivo mais detalhado tende a capturar mais custos, proporcionando uma estimativa mais precisa dos impactos econômicos das estratégias de M&R.

A Tabela 20 apresenta a quantidade de intervenções previstas para cada modelo e alternativa da ACCV aplicados à PPD A ao longo do horizonte de análise de 20 anos (2024–2043). As áreas de intervenção variam conforme o modelo adotado.

Tabela 20 - Quantidade de intervenções previstas para a PPD C

Modelo	Alternativa A	Alternativa B		Alternativa C	
	RC	MP	RC	MP	RC
Modelo 1	43	35	24	16	36
Modelo 2	21	16	11	7	17
Modelo 3	5	5	3	2	4
Modelo 4	2	2	1	-	-

MP: Manutenção Preventiva; RC: recomposição do revestimento

Verifica-se que, à medida que o nível de agrupamento dos dados para geração do modelo preditivo aumenta, os custos totais tendem a se elevar, enquanto a quantidade de M&R previstas diminui. Apesar de o Modelo 1 apresentar o maior VPL, isso não indica inadequação do modelo, pois alternativas mais agrupadas não identificam completamente os limites críticos em determinadas seções da PPD, como discutido para as PPDs A e B.

Nesse sentido, o modelo preditivo mais segmentado pode proporcionar maior precisão na previsão de cenários críticos do coeficiente de atrito, contribuindo para a preservação da resistência à derrapagem e da segurança operacional. Por outro lado, isso está associado a um aumento dos custos de mobilização, uma vez que as equipes deverão ser acionadas com maior frequência do que nos demais modelos e para áreas de extensão reduzida.

Os investimentos ao longo do ciclo de vida da PPD C foram inferiores aos das PPDs A e B, que apresentam mais intervenções previstas. Contudo, a extensão da PPD C é menor (cerca de metade das outras PPDs) e a área de intervenção difere, pois o levantamento é realizado apenas na distância a 3 m do eixo. Considerando esses fatores e o cálculo de custo e intervenções por m², a PPD C apresenta custos intermediários. Assim, conclui-se que a PPD A (concreto asfáltico convencional) demanda os menores custos e intervenções, enquanto a PPD B (revestimento com *grooving*) exige os maiores, e a PPD C (revestimento em CPA) ocupa uma posição intermediária. Vale lembrar que, na análise histórica do coeficiente de atrito, a PPD C apresentou os maiores valores médios, embora tenha exigido mais intervenções que a PPD A.

Em relação às alternativas de análise, a Alternativa A, baseada na estratégia de "Não fazer nada", apresenta o maior VPL em todos os modelos, sendo, portanto, a opção menos vantajosa do ponto de vista financeiro e ocasionando custos 48,9% a mais que a Alternativa B, a de menor VPL. A adoção de intervenções apenas em condições críticas mostrou-se ineficiente, levando a um aumento dos custos acumulados ao longo do tempo.

A Alternativa B é a mais vantajosa em termos de custos. O menor custo das manutenções preventivas garante menores custos associados. A Alternativa C apresentou custo

intermediário, para todos os modelos preditivos considerados. Ou seja, essa abordagem minimizou os custos ao evitar intervenções excessivas, se comparada com a Alternativa A.

A Tabela 21 apresenta a ACCV da PPD C em uma divisão por terços. Considerou-se a adoção do modelo mais segmentado (Modelo 1), com o objetivo de evitar a omissão de trechos com valores críticos. Os custos com a remoção do acúmulo de borracha estão incluídos.

Tabela 21 - Custo para manutenção dos terços da PPD C

Alternativa	Trecho				
	Toda a PPD R\$	1º Terço R\$	2º Terço R\$	3º Terço	
				Com remoção R\$	Sem remoção R\$
A	1.921.712,62	153.515,47	177.169,44	1.591.027,71	296.815,02
B	1.615.062,69	63.675,04	82.942,20	1.468.445,44	174.232,75
C	1.799.130,35	153.515,47	177.169,44	1.468.445,44	174.232,75

Custo com remoção de borracha no terceiro terço para as três alternativas: R\$ 1.294.212,69.

O terceiro terço apresenta os maiores custos associados às estratégias de M&R quando incluídos os custos com a remoção de borracha, seguido pelo segundo e, por último, pelo primeiro terço. Esse resultado se deve ao fato de o terceiro terço corresponder à cabeceira predominante, tendo, portanto, aplicação da remoção do acúmulo de borracha. Vale destacar que os custos com a remoção de borracha são elevados em relação aos custos totais de M&R, correspondendo a 67,8%, 80,5% e 72,4% dos custos das alternativas A, B e C, respectivamente.

Para a Alternativa C, ao considerar os custos de M&R do terceiro terço sem incluir os gastos com a remoção de borracha, observa-se que esses valores são inferiores aos registrados no segundo terço. Esse resultado está relacionado à estratégia adotada, que priorizou manutenções preventivas mais frequentes apenas no terço próximo à cabeceira predominante. Esse cenário sugere que pode ser necessário direcionar ações preventivas a seções dos demais terços, a fim de evitar custos mais elevados associados à reabilitação.

4.2.4 *Análise de sensibilidade*

A seguir é apresentada a análise de sensibilidade realizada para as três PPDs avaliadas, como complemento à ACCV determinística. A análise identificou a variação no VPL de cada alternativa em resposta a uma alteração nos parâmetros de entrada, especificamente nos custos de M&R, na inflação e na taxa de desconto. O Gráfico 13 mostra os resultados da PPD A, o Gráfico 14 os da PPD B, e o Gráfico 15 os da PPD C.

Gráfico 13 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD A

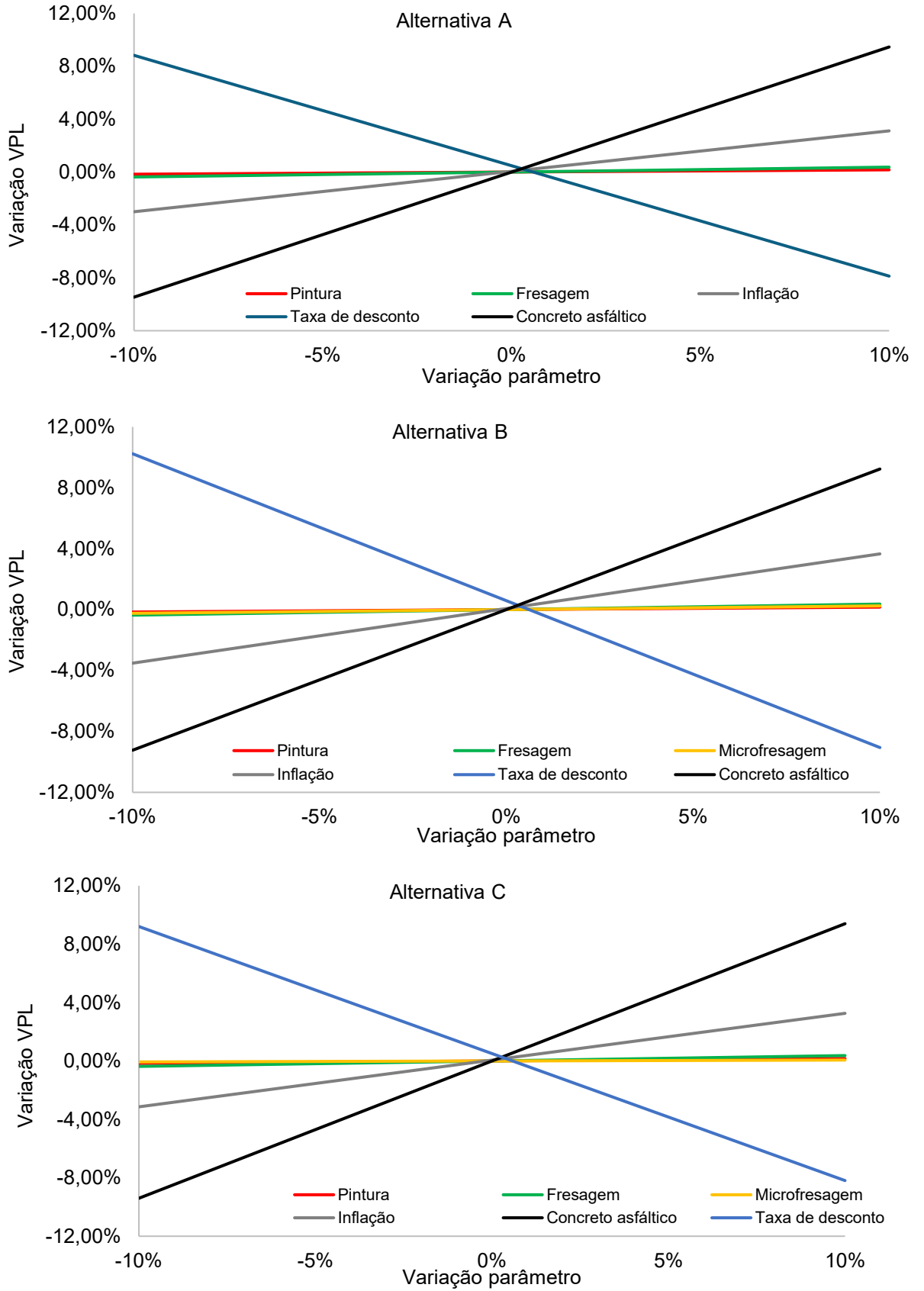


Gráfico 14 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD B

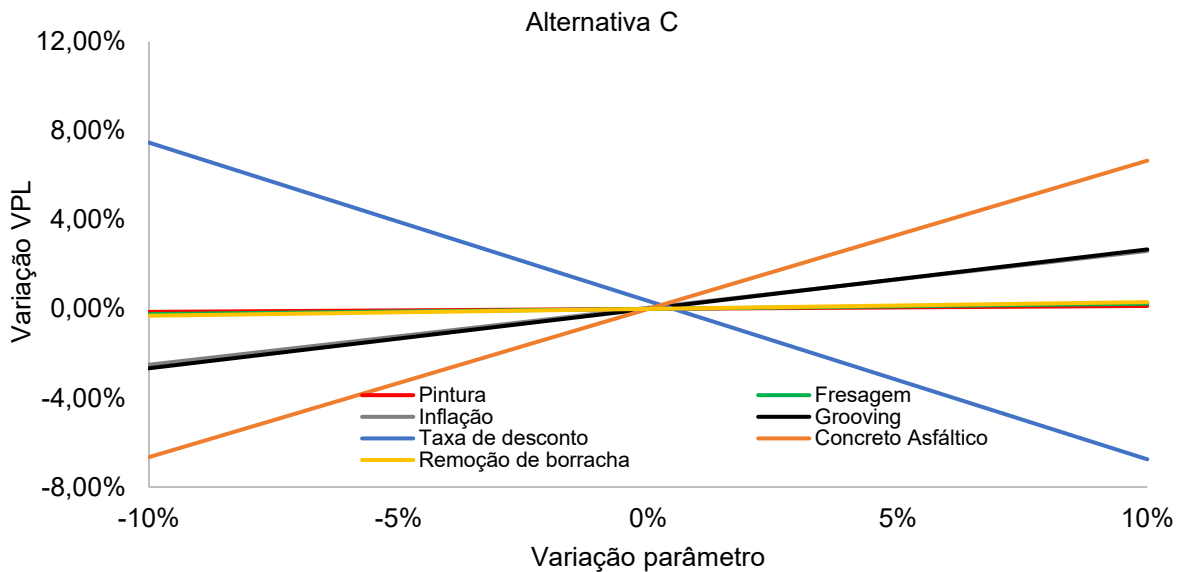
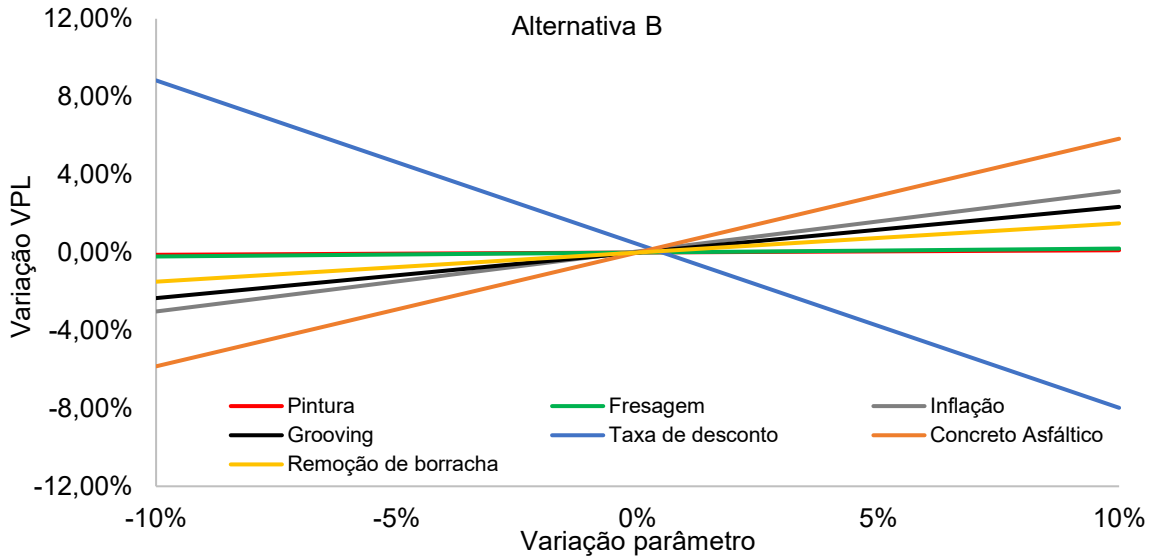
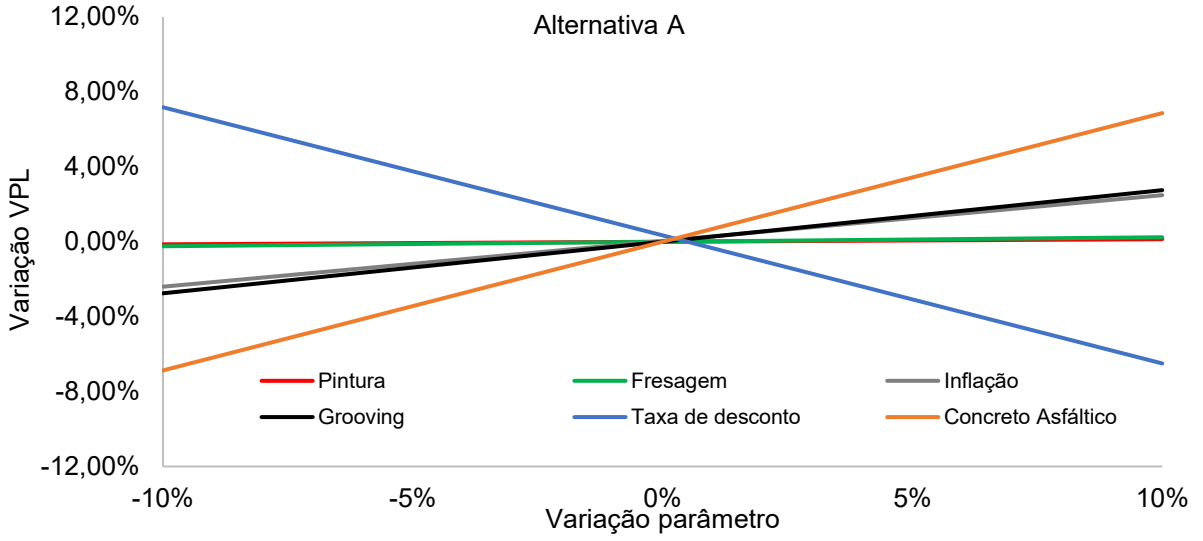
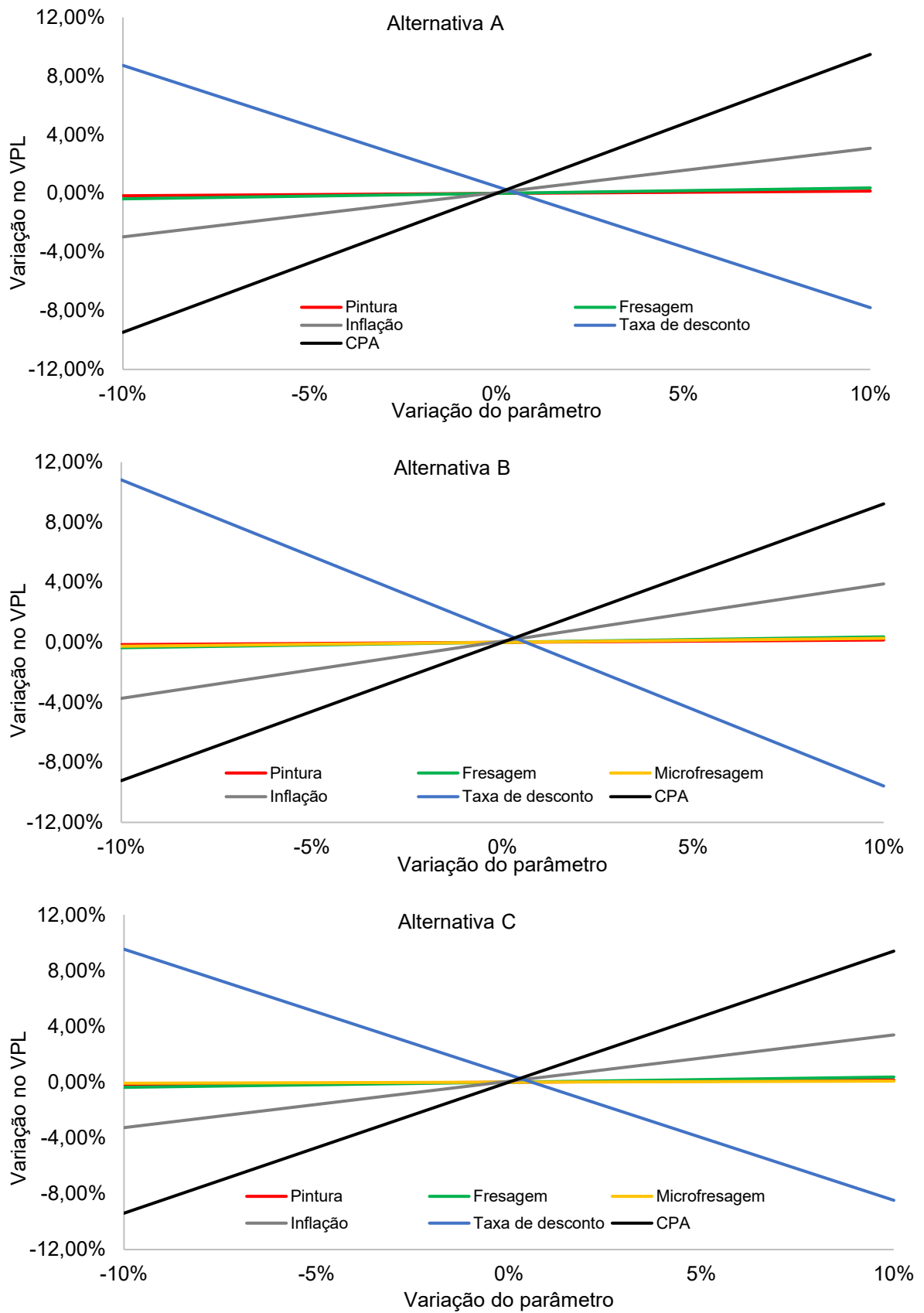


Gráfico 15 – Análise de sensibilidade da ACCV da PPD C



Para todas as alternativas e PPDs analisadas, os parâmetros com maior influência sobre o VPL são os serviços de diretamente relacionados à recomposição do revestimento, como o CA (concreto asfáltico) e a CPA, além da taxa de desconto. Esta última se destaca por ser o único parâmetro com efeito assimétrico — ou seja, seu aumento ocasiona uma redução no VPL.

A inflação, em todos os cenários, e o custo do *grooving*, especificamente na PPD B, apresentam impacto intermediário. Os custos relacionados à pintura de ligação, fresagem, microfresagem e remoção de borracha mostram influência reduzida sobre o VPL, indicando que variações nos preços desses serviços têm menor relevância no resultado. Os demais gráficos elaborados para a análise de sensibilidade estão no Apêndice H.

4.3 Análise Probabilística do Custo do Ciclo de Vida

A Tabela 22 descreve os resultados das simulações conduzidas para a ACCV probabilísticas das PPDs A, B e C, considerando o Modelo 1 de previsão do coeficiente de atrito, adotado com o objetivo de evitar omissões na identificação de necessidades de M&R. O Gráfico 16, o Gráfico 17 e o Gráfico 18 apresentam, respectivamente, as distribuições cumulativas de probabilidade obtidas para cada cenário avaliado das PPDs A, B e C.

Tabela 22 – Resultados da ACCV probabilística para as PPDs A, B e C

PPD	Alternativa	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	Média (R\$)	Desvio	IQR (R\$)	CV (%)
A	A	2.105.174,65	3.774.622,54	2.889.026,06	267.865,53	354.723,05	9,27%
	B	1.293.366,62	2.403.900,15	1.797.278,00	182.669,27	238.669,76	10,16%
	C	1.839.024,22	3.339.299,16	2.537.501,20	241.239,17	321.593,27	9,51%
B	A	4.824.640,55	7.980.945,51	6.236.437,55	473.156,28	646.392,07	7,59%
	B	3.038.678,75	4.720.731,17	3.803.981,38	284.005,04	381.440,79	7,47%
	C	4.281.597,08	6.923.964,27	5.470.285,65	408.725,52	547.094,76	7,47%
C	A	472.712,95	825.584,63	631.410,35	59.011,98	80.926,53	9,35%
	B	231.824,33	461.231,69	333.027,57	36.447,38	49.862,51	10,94%
	C	367.101,24	689.072,53	512.331,85	51.657,48	70.965,56	10,08%

Gráfico 16 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD A

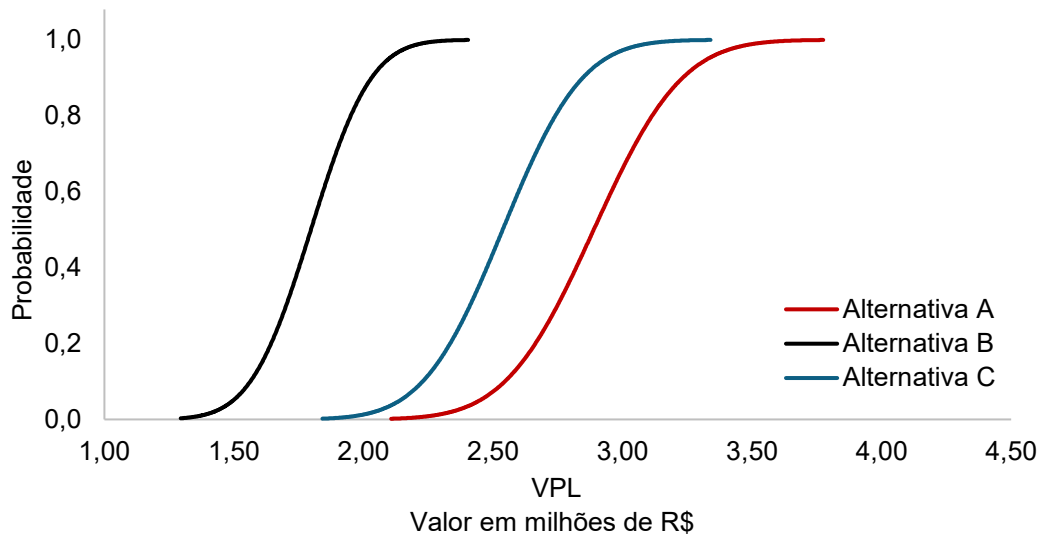


Gráfico 17 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD B

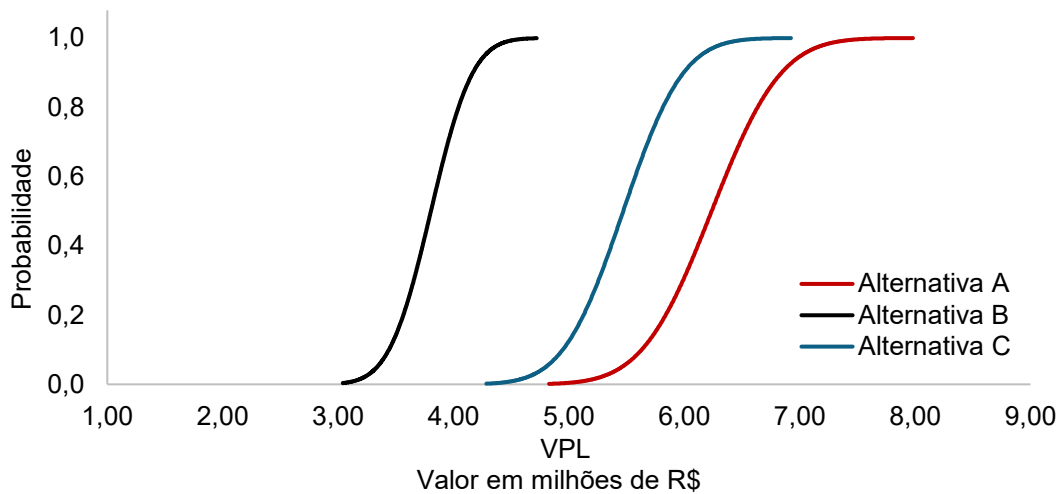
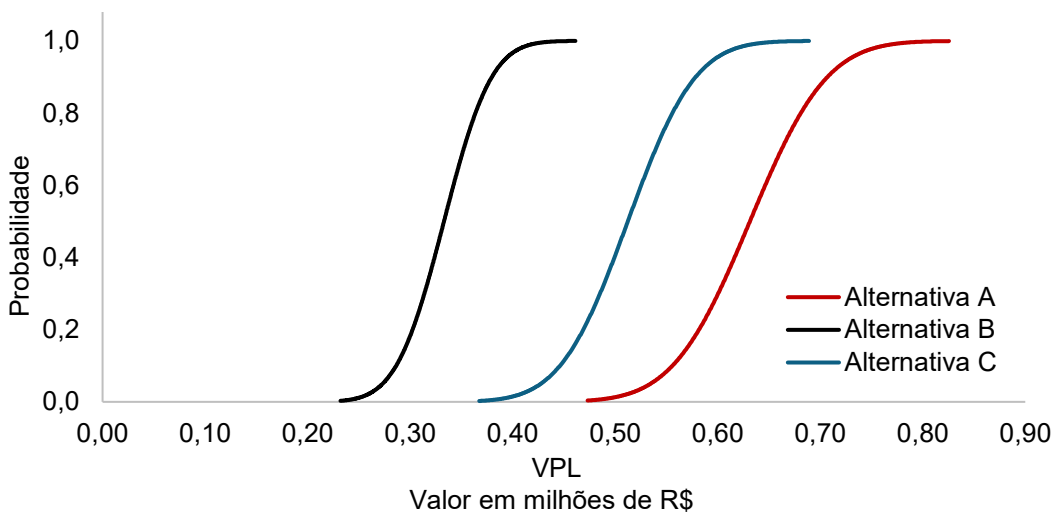


Gráfico 18 - Distribuição cumulativa de probabilidade de custo das alternativas da PPD C



Os valores médios de VPL obtidos nas simulações probabilísticas foram superiores aos resultados da ACCV determinística em todos os casos analisados. A Alternativa B destaca-se por apresentar a maior diferença entre o valor médio das simulações e o custo determinístico nas três PPDs. As variações entre as abordagens probabilística e determinística foram, nas PPDs A, B e C, respectivamente: de 0,5%, 0,3% e 0,6% para a alternativa A; de 3,6%, 14,8% e 3,8% para a alternativa B; e de 1,4%, 3,2% e 1,5% para a alternativa C. É importante observar que a Alternativa A contempla apenas reabilitações, enquanto a Alternativa C inclui mais reabilitações que a Alternativa B. Esse padrão sugere que a presença de reabilitações aproxima os valores das simulações aos resultados determinísticos.

Em todos os casos, a Alternativa B apresenta o menor VPL nos valores extremos, médio e no intervalo interquartil (IQR). Para a PPD B, também exibe o menor coeficiente de variação (CV). Observa-se ainda que, em todas as PPD, o valor mínimo da Alternativa A é maior que a média da Alternativa B e o valor máximo da Alternativa B é menor que a média da Alternativa A. Além disso, a média do VPL da Alternativa B é expressivamente inferior à da Alternativa A: na PPD A, representa 38% do valor da A; na PPD B, 39%; e na PPD C, 47%.

É importante destacar que, embora o CV seja útil para indicar a variabilidade relativa em relação à média, ele apresenta limitações, especialmente em distribuições assimétricas ou com valores extremos, como nas simulações de Monte Carlo. Além disso, o CV pode ser influenciado por médias muito altas ou muito baixas, o que pode distorcer a percepção da variabilidade real. Por isso, a análise foi complementada com o IQR e a visualização das distribuições acumuladas de probabilidade, que permitem identificar padrões que o CV não revela, como a concentração dos dados e a presença de caudas longas. Nessa análise, o IQR indicou uma maior concentração dos valores em torno da mediana para a Alternativa B, sugerindo menor dispersão dos resultados.

Observa-se que a PPD B apresenta os maiores valores de VPL, apesar de ter extensão semelhante à da PPD A, com uma média de operações de pouso menor e a mesma frequência de remoção de borracha. Isso aponta que as estratégias de M&R aplicadas ao *grooving* são mais custosas ou mais frequentes. Na análise determinística, verificou-se que os modelos preditivos da PPD B resultaram em mais intervenções de M&R em comparação às demais PPDs (Tabela 14, Tabela 17, Tabela 20). Além disso, o IQR da PPD B é maior, indicando que a frequência e extensão dessas intervenções ao longo do ciclo de vida aumentam a variabilidade do VPL. Isto é, a maior ocorrência de M&R tende a gerar mais incertezas e custos totais menos consistentes, refletindo-se em maior dispersão nas simulações de ACCV.

O Gráfico 16, o Gráfico 17 e o Gráfico 18 também evidenciam a variabilidade do VPL das alternativas, sendo esta inversamente proporcional à inclinação das curvas de probabilidade acumulada. Em outras palavras, quanto mais acentuada a inclinação, menor a variabilidade observada. Nesse contexto, a Alternativa A apresenta a maior incerteza nas três PPDs, enquanto a PPD B demonstra a menor dispersão, como indicado pelos valores do IQR.

As distribuições acumuladas de probabilidade indicam que a Alternativa A possui cerca de 3,5% dos valores de VPL inferiores ao valor máximo da Alternativa B na PPD A, e nenhum valor inferior ao máximo da Alternativa B nas PPDs B e C. Isso reforça a baixa probabilidade de a Alternativa A mostrar-se financeiramente mais vantajosa.

Alternativa B, por sua vez, destaca-se como a mais favorável do ponto de vista financeiro, por apresentar o menor custo e a menor incerteza associada nas três PPDs. Essa vantagem é possivelmente decorrente da adoção de manutenções preventivas, que tem menor custo e menor variabilidade em comparação às reabilitações — como indicado na análise de sensibilidade anterior. A Alternativa C, ao aplicar manutenção preventiva apenas no primeiro terço e realizar mais reabilitações que a B, apresenta um IQR menor e uma curva de probabilidade acumulada mais inclinada que a da Alternativa A, consolidando essa interpretação.

4.4 Desempenho do coeficiente de atrito

Após definir as estratégias de M&R e aplicar o Modelo 1 de previsão do coeficiente de atrito, analisou-se seu desempenho nas PPDs, durante o período de análise (2024-2043). Os resultados, combinados com a ACCV, podem orientar os operadores de aeródromos na alocação de recursos para M&R, visando à segurança das operações.

As médias do coeficiente de atrito, por alternativa e ao longo do período, considerando toda a extensão das PPDs e seus terços, estão resumidas na Tabela 23. Os valores médios do coeficiente de atrito, em todos os casos, estão acima do limite de manutenção estabelecido para o equipamento *Grip Tester*. Esses resultados corroboram que as estratégias de M&R propostas são eficazes em prevenir a deterioração do pavimento. Portanto, qualquer uma das alternativas avaliadas devem, em teoria, assegurar o desempenho funcional a longo prazo, sem comprometer as condições de resistência à derrapagem.

Tabela 23 – Média do coeficiente de atrito para as PPDs durante o período de análise

PPD	Alternativa	Trechos			
		Toda a PPD	1º terço	2º terço	3º terço
A	A	0,61	0,61	0,6	0,63
	B	0,62	0,62	0,61	0,64
	C	0,61	0,62	0,6	0,63
B	A	0,71	0,71	0,69	0,72
	B	0,73	0,73	0,71	0,74
	C	0,71	0,73	0,69	0,72
C	A	0,61	0,61	0,6	0,63
	B	0,62	0,62	0,61	0,64
	C	0,62	0,62	0,6	0,63

A análise dos coeficientes de atrito médios ao longo do período considerado revela pouca variação entre alternativas avaliadas ou terços dentro de uma mesma PPD. Contudo, a PPD B apresentou valores superiores aos das PPDs A e C, o que indica melhor desempenho em relação a resistência à derrapagem e, potencialmente, maior segurança para as operações de pouso e decolagem. As PPDs A e C, por sua vez, exibem resultados semelhantes entre si, com coeficientes variando entre 0,60 e 0,64. A análise dos dados históricos indicou a PPD C com coeficiente de atrito mais adequado, resultado não corroborado pelas estimativas preditivas.

Para avaliar se essas diferenças entre PPDs são estatisticamente significativas, foi realizada uma ANOVA de fator único. O teste resultou em um valor-p de $2,0 \times 10^{-6}$, sugerindo evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de igualdade das médias. Isso indica que pelo menos uma das PPDs apresenta desempenho distinto, sendo a PPD B — com revestimento com *grooving* — a provável responsável por esse diferencial. Assim, a PPD B apresentou melhor desempenho, todavia, implicou custos mais elevados ao longo do ciclo de vida.

Em relação à evolução temporal do coeficiente de atrito nas PPDs, observa-se que a tendência de redução, anteriormente identificada na análise dos dados históricos dos levantamentos, não é observada no período de análise da ACCV. Isso porque as M&R são implementadas quando os limites críticos são atingidos (limites de manutenção ou mínimo). Ou seja, embora os valores apresentem oscilações devido ao comportamento natural do coeficiente, eles permanecem acima dos limites estabelecidos, indicando que as estratégias adotadas são eficazes em manter níveis adequados de resistência à derrapagem. Os resultados adicionais, que mostram o desempenho do coeficiente de atrito ao longo da extensão das PPDs, em seus pontos de medição e terços, e sua evolução temporal, estão disponíveis nos Apêndices I, J e K.

4.5 Análise de Custo-Efetividade

Uma análise da Relação Efetividade/Custo (REC) foi realizada. A efetividade não foi expressa em termos monetários, mas representada pelo desempenho coeficiente de atrito durante o período de análise (2024-2043). A efetividade, portanto, foi estimada com base na área entre a curva de desempenho do coeficiente de atrito e o limite mínimo de 0,43, considerando o equipamento de medição utilizado nos levantamentos, o *Grip Tester* (Apêndices I, J e K.) Os custos são definidos pelo VPL determinístico. A Tabela 24 apresenta as RECs de cada uma das alternativas analisadas para as PPDs, considerando o Modelo 1 de predição.

Tabela 24 – Relação Efetividade/Custo das estratégias avaliadas

PPD	Alternativa	Efetividade (área da curva)	VPL (Milhões R\$)	Efetividade/Custo (Coef. Atrito × Ano) / Milhões R\$
A	A	3,43	2,87	1,20
	B	3,62	1,74	2,08
	C	3,48	2,50	1,39
B	A	5,32	6,22	0,86
	B	5,63	3,31	1,70
	C	5,44	5,30	1,03
C	A	3,44	0,63	5,48
	B	3,69	0,32	11,50
	C	3,51	0,50	6,95

A Alternativa B oferece a melhor REC, para as três PPDs avaliadas. Esse resultado ressalta a eficácia das manutenções preventivas na preservação da resistência à derrapagem. A ordem de seleção com base no critério da REC é igual àquela determinada pela ACCV determinística. Essa conclusão se deve ao fato de que as efetividades entre as alternativas são similares, alinhando-se à definição de ACCV, que considera que as alternativas analisadas devem apresentar benefícios semelhantes para que a seleção de estratégias de M&R seja focada nos custos (USA, 1998). Embora a REC tenha levado a uma conclusão similar à análise de custos, essa consideração é relevante e contribui para a tomada de decisão.

A Alternativa B apresenta o menor custo entre as três PPDs avaliadas, em todos os modelos de predição, tanto na ACCV determinística quanto na probabilística. Caracterizada pela presença de manutenções preventivas, destaca-se por apresentar a menor variabilidade, além de promover maior efetividade e REC em comparação às Alternativas A e C, alinhando-se aos resultados de outros estudos (Hein; Aho, 2011; Nascimento; Silva, 2011; USA, 2014; Carneiro; Durán; Oliveira, 2023).

5 CONCLUSÕES

As principais conclusões da pesquisa, assim como suas limitações e sugestões para trabalhos futuros, são apresentadas neste capítulo. A pesquisa avaliou estratégias de manutenção e reabilitação (M&R) da resistência à derrapagem em três pistas de pouso e decolagem (PPD) nacionais, compostas por diferentes tipos de revestimentos. O coeficiente de atrito foi utilizado como parâmetro para medir a resistência à derrapagem e os custos diretos das alternativas de M&R foram comparadas por meio da Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV), considerando também o desempenho do coeficiente de atrito ao longo do tempo (2020 – 2043).

5.1 Principais conclusões

A análise temporal dos dados históricos do coeficiente de atrito das três PPDs, considerando o período posterior à última reabilitação, revelou uma tendência geral de redução em seus valores, independentemente do tipo de revestimento. Isso indica que a textura superficial dos revestimentos passar por alterações ao longo do tempo e que a remoção de borracha, quando utilizada isoladamente, pode se tornar ineficaz, não sendo suficiente para manter níveis adequados de resistência à derrapagem.

A diminuição observada no coeficiente de atrito ao longo do tempo e a ineficácia da remoção de borracha após os primeiros anos de execução do revestimento sugerem que a abordagem atual de M&R pode não ser suficiente para manter níveis adequados de resistência à derrapagem. Portanto, pode ser necessário revisar as atuais estratégias de M&R, adotando métodos mais dinâmicos e periódicos para garantir a segurança operacional a longo prazo, em vez de depender exclusivamente da remoção periódica do acúmulo de borracha.

Foi identificada uma diferenciação no comportamento entre os terços de pista para as PPDs compostas por revestimento de Concreto Asfáltico (CA) convencional e Camada Porosa de Atrito (CPA). O primeiro terço a partir da cabeceira predominante apresentou os menores valores de coeficiente de atrito, indicando que o impacto dos pousos e o acúmulo de borracha afetam negativamente a resistência à derrapagem nessa área, em comparação com os demais terços. Assim, a diferença de desempenho entre os terços de pista deve ser considerada na implementação das M&R, sugerindo a necessidade de uma abordagem segmentada e diferenciada por terços, a fim de otimizar recursos e melhorar a eficácia das M&R.

A PPD com revestimento em CA com *grooving* não apresentou diferenciação estatisticamente significativa entre os terços, indicando que o desempenho foi mais uniforme

em comparação às outras PPDs. No entanto, essa PPD apresentou os maiores valores de dispersão dos dados (coeficiente de variação e desvio padrão); ou seja, apesar da uniformidade observada nos valores médios (por seção e terços), há fatores que causam variação no coeficiente de atrito. Infere-se, portanto, que a presença de *grooving* no revestimento pode ser um fator influente para a uniformidade dos valores médios. Entretanto, é importante considerar que a variação na quantidade de operações realizadas nos aeródromos, a frequência da remoção de borracha, as condições climáticas locais e as práticas de M&R também podem contribuir para esse resultado, além do tipo de revestimento.

Foram desenvolvidos diferentes modelos para prever o coeficiente de atrito. O modelo mais detalhado, embora tenha resultado em uma M&R mais onerosa para as PPDs com revestimento em CA e CPA, mostrou-se o mais preciso. A escolha do modelo preditivo tem implicações diretas na eficiência das estratégias de M&R. Apesar do maior esforço para processamento dos dados, o modelo detalhado permite identificar tendências específicas de cada seção das PPDs.

A tomada de decisão pode variar conforme o modelo preditivo adotado, sendo essencial considerar diversos fatores na escolha da abordagem mais adequada. Entre eles, destacam-se a localização da PPD, o volume de tráfego, a possibilidade de interrupção das operações e os custos de mobilização, especialmente em aeródromos localizados em regiões remotas, onde há maior complexidade logística. Também devem ser consideradas as exigências regulatórias, que podem demandar ações imediatas. Assim, a escolha do modelo mais apropriado depende das características específicas de cada PPD. Nesse sentido, para otimizar as M&R, pode ser necessário investir em modelos preditivos avançados, o que ocasiona uma alocação mais eficiente de recursos e melhor planejamento das intervenções.

Os modelos preditivos desenvolvidos permitiram identificar tendências específicas para cada tipo de revestimento, fornecendo subsídios para definir os intervalos e os momentos ideais de intervenção. Com uma previsão mais precisa do momento em que os pavimentos atingem condições críticas, torna-se possível planejar de forma mais eficiente as ações de Manutenção e Reabilitação (M&R). Observou-se, ainda, que independentemente do modelo adotado, há uma tendência de redução do coeficiente de atrito ao longo do tempo. Agir antes que esse coeficiente atinja níveis críticos mostrou-se mais eficaz do ponto de vista financeiro.

Na comparação dos valores previstos para o coeficiente de atrito das três PPDs no período de análise da ACCV, a PPD com revestimento com *grooving* apresentou valores superiores em relação às outras duas. Além disso, essa PPD apresentou uma maior quantidade

de previsões de M&R, sendo a que teve o maior custo de ciclo de vida entre as PPDs avaliadas.

Considerando a quantidade e o custo das intervenções por área de revestimento, a PPD em CA convencional apresentou o menor custo de ciclo de vida, enquanto a PPD com grooving teve o maior, e a PPD em CPA apresentou custo intermediário. No entanto, ainda é necessário aprofundar os estudos para garantir que esses resultados sejam atribuíveis exclusivamente ao tipo de revestimento de cada PPD. Outros fatores, como a quantidade de operações nos aeródromos, a frequência de remoção do acúmulo de borracha, as condições climáticas locais e as práticas de M&R, podem influenciar os custos e devem ser considerados. Assim, o desempenho do coeficiente de atrito varia conforme o tipo de revestimento, porém, em todo caso, as manutenções preventivas resultaram em menor custo.

A alternativa que propõe a realização de intervenções apenas quando a situação é crítica, com o coeficiente de atrito abaixo do limite mínimo estabelecido, apresentou os maiores custos, representados pelo Valor Presente Líquido (VPL), tanto na ACCV determinística quanto na probabilística. Essa alternativa também apresentou baixa probabilidade de ser mais a mais vantajosa em termos financeiros e obteve a menor Relação Efetividade/Custo (REC). Esses resultados corroboram com a interpretação de que as manutenções preventivas são preferíveis em relação às intervenções reativas, por serem mais econômicas. Em síntese, adotar uma abordagem preventiva e agir antes da deterioração atingir níveis críticos reduz custos e contribui para a segurança operacional.

A análise de sensibilidade, que avaliou o impacto da variação de parâmetros como custos de M&R, taxas de desconto e inflação, revelou que os parâmetros relacionados à execução do revestimento têm maior influência sobre os custos do ciclo de vida. Na análise probabilística, observou-se que, à medida que as alternativas preveem um maior número de recomposição do revestimento, maior é a variabilidade dos custos. Esses resultados destacam a vantagem da manutenção preventiva, evitando custos mais elevados com reabilitações e garantindo a resistência à derrapagem.

A alternativa que considera apenas reabilitações apresentou desempenho inferior a longo prazo em comparação às opções que incluem manutenção preventiva, para todas as PPDs avaliadas, independentemente do tipo de revestimento. A análise temporal também assinala que é preferível intervir antes que a deterioração se intensifique, pois isso reduz custos e preserva a resistência à derrapagem, evitando impactos na segurança das operações de pouso e decolagem.

Portanto, o estudo demonstrou que as manutenções preventivas não apenas favorecem a resistência à derrapagem ao longo do período analisado (como evidenciado pela

REC), como também contribuem para a redução de custos. Dessa maneira, as manutenções preventivas são menos onerosas, possibilitam a recuperação do coeficiente de atrito e, conforme a análise de sensibilidade e ACCV probabilística, apresentam menor variabilidade e incerteza associada aos investimentos.

O desempenho do coeficiente de atrito é semelhante entre as alternativas avaliadas, mas a REC é maior na alternativa que prioriza manutenções preventivas, intercalando-as com reabilitações. Contudo, ao avaliar os valores de coeficiente de atrito das alternativas, conclui-se que qualquer uma das estratégias propostas garantiria condições adequadas de atrito ao longo do tempo, prevenindo a deterioração das PPDs e a perda de resistência à derrapagem.

Com base nas análises realizadas, recomenda-se a adoção de uma estratégia focada em manutenções preventivas, que se mostrou mais vantajosa tanto em termos de custo quanto para a garantia da resistência à derrapagem. As análises realizadas demonstraram-se eficazes na comparação e otimização da seleção de estratégias de M&R, com foco na garantia da resistência à derrapagem. A abordagem possibilitou uma análise econômica orientada à tomada de decisões. Ao combinar a elaboração de modelos preditivos, com a ACCV e a análise de custo-efetividade, é possível obter uma visão mais racional para a gestão das M&R, permitindo decisões sustentáveis e consolidando a segurança das operações de pouso e decolagem.

5.2 Limitações da pesquisa

A principal limitação deste estudo refere-se à simplificação adotada no modelo de progressão do coeficiente de atrito e à subjetividade presente na definição das melhorias após a intervenção. Ressalta-se que o modelo utilizado é estritamente matemático, não considerando fatores que influenciam o comportamento do coeficiente de atrito em pistas de pouso e decolagem, como o tipo e a idade do revestimento, condições climáticas, tráfego e a presença de contaminantes.

Outra limitação reside no tempo exigido para as etapas de levantamento, organização e tabulação dos dados históricos, essenciais para a construção dos modelos preditivos de coeficiente de atrito. Adicionalmente, a impossibilidade de extração automatizada dos dados por ferramentas computacionais, devido à baixa qualidade de alguns relatórios, resultou na necessidade de digitação manual, o que dificultou o processo.

A precisão da ACCV está diretamente relacionada à qualidade das informações sobre as condições dos pavimentos, histórico, previsibilidade de M&R e custos associados. Assim, no que tange ao desempenho do coeficiente de atrito, é necessário desenvolver modelos

mais precisos para sua predição ao longo do tempo, específicos para cada PPD. A escassez de dados e modelos preditivos compromete a formulação de alternativas, reduzindo a confiabilidade da análise. Um banco de dados histórico confiável, integrado a um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA), contribuiria para a previsão dos investimentos no ciclo de vida e no desenvolvimento das alternativas para fins de análises de custos. Adicionalmente, é necessário analisar esses dados de maneira abrangente, facilitando a previsão de desempenho e, conseqüentemente, a estimativa das necessidades de M&R.

Ademais, os impactos na operacionalidade do aeródromo não foram contemplados, embora se reconheça que as reabilitações podem afetar as operações de pouso e decolagem. Tais intervenções podem justificar a adoção de operações com comprimento de pista reduzido, o que resultaria em voos com menor capacidade de passageiros e carga, além de redução no peso e na distância (quantidade de combustível), impactando diretamente nos custos indiretos.

Os custos utilizados neste estudo foram, predominantemente, baseados nas composições de custos de obras rodoviárias do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (SICRO), o que pode resultar em divergências em relação aos custos de M&R no contexto aeroportuário. Nesse sentido, seria relevante o desenvolvimento de um módulo ou sistema de custos específico para os aeródromos, contemplando as restrições existentes nesse contexto, sobretudo para aeródromos de uma única PPD.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Com base no exposto, as seguintes sugestões para pesquisas futuras são propostas:

- a) Realizar uma ACCV que leve em consideração outros parâmetros relevantes para a resistência à derrapagem, como a macrotextura, visto que esta pesquisa abordou exclusivamente o coeficiente de atrito;
- b) Explorar diferentes modelos preditivos que considerem as características intrínsecas ao desempenho da resistência à derrapagem, tais como tipo e idade do revestimento, condições climáticas, impacto do tráfego e presença de contaminantes. Além disso, realizar comparações entre esses modelos preditivos, analisando sua sensibilidade e impacto no custo total;
- c) Aprofundar o diferenciamento do custo do ciclo de vida por tipo de revestimento, com o objetivo de identificar padrões e sugerir quais opções seriam mais eficazes, ou seja, aquelas que reduziriam os custos enquanto mantêm um desempenho adequado;

- d) Comparar análises com equipamentos distintos do *Grip Tester*, com diferentes limites de manutenção e coeficiente mínimo, a fim de verificar se há variações nos custos;
- e) Avaliar a sensibilidade dos custos em relação a outros parâmetros, como a variação dos limites de manutenção e mínimo e a eficácia das atividades de M&R;
- f) Integrar a ACCV com dados sobre custos operacionais, a fim de aprimorar a avaliação dos custos indiretos gerados pelas atividades de M&R.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. *et al.* Life Cycle Cost Analysis of Perpetual Runway Pavements: Canadian perspective. *In: CSCE 2019 Annual Conference, 2019, Laval (Greater Montreal). Anais [...]*. Montreal: Canadian Society of Civil Engineering, 2019. p. 1-10. Disponível em: https://legacy.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2019/pdfs/PaperPDFversion_264_0503050149.pdf. Acesso em: 02 jul. 2024.

AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM. **Common airport pavement maintenance practices. Transportation Research Board, A Synthesis of Airport Practice (Synthesis No. 22)**. Washington, D.C, 2011.

ALALOUL, W. S. *et al.* Systematic Review of Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost Analysis for Pavement and a Case Study. *Sustainability, [S. l.]*, v. 13, n. 8, p. 4377, 2021. DOI: 10.3390/su13084377.

AMINI, A. A. *et al.* Life cycle cost comparison of highways with perpetual and conventional pavements. *International Journal of Pavement Engineering, [S. l.]*, v. 13, n. 6, p. 553–568, 2011. DOI:10.1080/10298436.2011.628020.

ANUPAM, K. *et al.* Influence of temperature on tire-pavement friction analyses. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, [S. l.]*, v. 2369, n.4, p. 114–124, 2013. DOI:10.3141/2369-13.

APS, M. **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos**. 2006. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ARABALI, P. *et al.* Decision-Making Tool for the Selection of Pavement Preservation Treatments in General Aviation Airport Pavements. *In: International Conference on Transportation and Development, 2016, Houston, Texas. Anais [...]*. Houston: American Society of Civil Engineers, 2016. p. 30–41. DOI: 10.1061/9780784479926.004. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479926.004>. Acesso em: 03 jun. 2024.

BABASHAMSI, P. *et al.* A Comparative Study of Probabilistic and Deterministic Methods for the Direct and Indirect Costs in Life-Cycle Cost Analysis for Airport Pavements. *Sustainability, [S. l.]*, v.14, n.7, p. 3819, 2022a. DOI:10.3390/su14073819. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/7/3819>. Acesso em: 8 mai. 2024.

BABASHAMSI, P. *et al.* Evaluation of pavement life cycle cost analysis: review and analysis. *International Journal of Pavement Research and Technology, [S. l.]*, v. 9, n. 4, p. 241-254, 2016. DOI:10.1016/j.ijprt.2016.08.004.

BABASHAMSI, P. *et al.* Perspective of Life-Cycle Cost Analysis and Risk Assessment for Airport Pavement in Delaying Preventive Maintenance. *Sustainability, [S. l.]*, v. 14, n. 5, p. 2905, 2022b. DOI:10.3390/su14052905. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2905>. Acesso em: 8 mai. 2024.

BAGDATLI, M. E. C. Fuzzy Logic–Based Life–Cycle Cost Analysis of Road Pavements. **Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements**, [S. l.], v. 144, n. 4, p. 04018050, 2018. DOI: 10.1061/JPEODX.0000081.

BALINHO DO Ó, I.; PICADO SANTOS, L. G. Airport pavement maintenance planning using a genetic algorithm for global cost minimization. *In: World Conference on Pavement and Asset Management, 2017, Baveno, Italy. Anais [...]*. London: CRC Press eBooks, 2019. p. 143-158. DOI: 10.1201/9780429264702-18.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Petrobrás Abeda, 2022.

BOEING. **2023 Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents**. USA, 2024. 32p. Disponível em: https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf. Acesso em: 03. out. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Dados de Movimentação Aeroportuárias**. Brasília, DF, 2025a. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/dadosabertos/Operador%20Aeroportu%C3%A1rio/Dados%20de%20Movimenta%C3%A7%C3%A3o%20Aeroportu%C3%A1rias/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA**. Brasília, DF, 2017a.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária. **Avaliação da condição funcional do pavimento. Instrução Suplementar Número 153.203-001, Revisão A**. Brasília, DF, 2020a.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária. **Monitoramento da irregularidade longitudinal, atrito e macrotextura do pavimento da pista pouso e decolagem. Instrução Suplementar Número 153.205-001, Revisão C**. Brasília, DF, 2023a.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil N° 153 EMENDA N° 05: Aeródromos - Operação, manutenção e resposta à emergência. Resolução n° 585, de 15.09.2020**. Brasília, DF, 2020b.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil N° 153 EMENDA N° 07: Aeródromos - Operação, manutenção e resposta à emergência. Resolução n° 712, de 14.04.2023**. Brasília, DF, 2023b.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Superintendência de Padrões Operacionais. **Procedimentos para autorização de operadores aéreos para uso de dados de desempenho específicos para pistas com pavimento antiderrapante. Instrução Suplementar Número 91-009, Revisão A**. Brasília, DF, 2020c.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. **Relatórios SICRO**. Brasília, DF, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/relatorios-sicro/relatorios-sicro>. Acesso em: 01 fev. 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto Brasileiro de Economia. Fundação Getúlio Vargas. **Índices de reajustamento de obras rodoviárias**. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/indices-de-reajustamentos/indices-de-reajustamentos-de-obras-rodoviario/indice-de-reajustamento-de-obras-rodoviaras-dezembro-2023.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Portaria nº 1977, de 25 de outubro de 2017. **Preços de referência para aquisição e transporte de produtos asfálticos necessários às obras de infraestrutura de transportes do DNIT**. Brasília, DF, 2017b. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/documentos/Portaria1977.2017DGProdutosasfálticos.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. **Taxa social de desconto para infraestrutura**: atualização pós consulta pública. Nota Técnica SEI nº 19911/2020/ME. Brasília, DF, 2020d. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2020/nt_taxa-social_vf.pdf. Acesso em: 10. out. 2024.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria do Tesouro Nacional. **Nota Conjunta SEI nº 2/2021/STN/SPE/ME-DF**: taxa de desconto de referência para leilões do setor de aeroportos. Acesso restrito. Processo SEI nº 17944.105093/2020-62. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energias. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Preços de distribuição de produtos asfálticos**. Brasília, DF, 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao-de-produtos-asfalticos>. Acesso em: 12. fev. 2025.

BROWNE, D.; RYAN, L. Comparative analysis of evaluation techniques for transport policies. **Environmental Impact Assessment Review**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 226–233, 2011. DOI:10.1016/j.eiar.2010.11.001.

BUTT, A. A. *et al.* Decision Support in Selecting Airfield Pavement Design Alternatives Using Life Cycle Assessment: case study of Nashville Airport. **Sustainability**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 299, 2020. DOI:10.3390/su13010299. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/299>. Acesso em: 03 jul. 2024.

CARNEIRO, R. de S.; DURÁN, J. B. C.; OLIVEIRA, F. H. L. de. Análise do custo do ciclo de vida na avaliação de estratégias de manutenção e reabilitação em pavimento aeroportuário. **TRANSPORTES**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. e2740, 2023. DOI: 10.58922/transportes.v31i1.2740. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2740>. Acesso em: 08 ago. 2024.

CHEN, C.; FLINTSCH, G. W. Fuzzy logic pavement maintenance and rehabilitation triggering approach for probabilistic life-cycle cost analysis. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 1990, n. 1, p. 80-91, 2007. DOI:10.3141/1990-10.

CHEN, J. S. *et al.* Effect of rubber deposits on runway pavement friction characteristics. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2068, n. 1, p. 119–125, 2008. DOI: 10.3141/2068-13.

CHEN, J. S. *et al.* Macroscopic and Microscopic Evaluation of Surface Friction of Airport Pavements. **International Journal of Pavement Research & Technology**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 588-594, 2013. DOI:10.6135/ijprt.org.tw/2013.6(5).588.

CHEN, X. *et al.* B. Optimal thresholds for pavement preventive maintenance treatments using LTPP data. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, [S. l.], v. 143, n. 6, p. 4017018, 2017. DOI:10.1061/JTEPBS.0000044.

CHRISPIM, M. G. O. **Análise da macrotextura do pavimento da pista de pouso e decolagem do aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres – Patos, PB.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2022.

CLEMMENSEN, A.; WANG, H. Airfield pavement condition prediction with machine learning models for life-cycle cost analysis. **International Journal of Pavement Engineering**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 2322529, 2024. DOI:10.1080/10298436.2024.2322529.

COSTA, S. L.; CASTELO BRANCO, V. T. F.; FREITAS, E. F. Avaliação da aderência pneu-pavimento para diferentes tipos de pavimentos utilizando o International Friction Index (IFI). *In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – Anpet, 31., 2017, Recife. Anais [...]. Recife: Anpet, 2017. p. 1–12. ISBN 978-85-87893-32-8.*

CUI, X.; CHU, L.; FWA, T. F. Polishing-induced skid resistance deterioration characteristics of grooved runway pavements. **Road Materials and Pavement Design**. [S. l.], v. 26, n. 3, p. 694-705, 2024. DOI: 10.1080/14680629.2024.2379870.

DAS, A. *et al.* Evaluation of Life Cycle Cost Analysis of Airport Pavement. **International Journal of Pavement Research & Technology**, [S. l.], v. 4, n. 8, p. 352-356, 2015. DOI:10.17577/IJERTV4IS080396.

DI MASCIO, P.; MORETTI, L. Implementation of a pavement management system for maintenance and rehabilitation of airport surfaces. **Case Studies in Construction Materials**, [S. l.], v. 11, p. e00251, 2019. DOI:10.1016/j.cscm.2019.e00251.

DO, M. T. *et al.* Physical model for the prediction of pavement polishing. **Wear**, [S. l.], v. 267, n. 1-4, p. 81–85, 2009. DOI:10.1016/j.wear.2008.11.012.

DURÁN, J. B. C. **Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários**: estudo de caso no Aeroporto Estadual de Araraquara. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – Área de concentração: Infraestrutura de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC/USP. São Carlos, São Paulo, 2015.

DURÁN, J. B. C.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Airport pavement roughness evaluation based on cockpit and center of gravity vertical accelerations. **TRANSPORTES**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 147–159, 2020. DOI: 10.14295/transportes.v28i1.1932. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1932>. Acesso em: 11 jun. 2024.

EMERY, S.; HEFER, A.; HORAK, E. Roughness of Runways and Significance of Appropriate Specifications and Measurement. *In*: Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2015, Sun City, Northwest Province, South Africa. **Anais [...]**. Sun City: CAPSA 2015, 2015. p. 1-10.

FERREIRA, A.; SANTOS, J. LCCA system for pavement management: sensitivity analysis to the discount rate. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], v. 53, p. 1172-1181, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.966.

FWA, T. F. Pavement skid resistance properties for safe aircraft operations. **Journal of Road Engineering**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 361-385, 2024. DOI: 10.1016/j.jreng.2024.11.002.

GERBRANDT, R.; BERTHELOT, C. Life-Cycle Economic Evaluation of Alternative Road Construction Methods on Low-Volume Roads. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 1989, n. 1, p. 61–71, 2007. DOI:10.3141/1989-07.

GRANSBERG, D. D. Life-Cycle Cost Analysis of Surface Rertexturing with Shotblasting as an Asphalt Pavement Preservation Tool. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2108, n. 1, p. 46–52, 2009. DOI:10.3141/2108-05. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2108-05>. Acesso em: 15 jul. 2024.

GRANSBERG, D.D; PITTENGER, D.M. Maintaining Airport Pavement Friction Using Surface Densification. *In*: International Conference on Managing Pavement Assets, 9., 2015, Washington. **Anais [...]**. Washington: VTechWorks, 2015. p. 1-9.

HAIDER, S. W.; DWAIKAT, M. B. Estimating Optimum Timing for Preventive Maintenance Treatment to Mitigate Pavement Roughness. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2235, n. 1, p. 43–53, 2011. DOI: 10.3141/2235-06.

HAN, D.; DO, M. Life Cycle Cost Analysis on pavement inspection intervals considering maintenance work delay. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [S. l.], v. 19, n. 6, p. 1716–1726, 2015. DOI:10.1007/s12205-014-1229-0.

HEIN, D. K.; AHO, B. Preserving Our Airfield Pavements. *In: Transportation and Development Institute Congress, 2011, Chicago, Illinois, USA. Anais [...]* Chicago: American Society of Civil Engineers, 2011. p. 244-254. DOI:10.1061/41167(398)25. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41167%28398%2925>. Acesso em: 3 ago. 2024.

HEUVINCK, T. **Life Cycle Cost Analysis: application to an airport pavement.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

HUMPHRIES, E.; LEE, S. J. Evaluation of Pavement Preservation and Maintenance Activities at General Aviation Airports in Texas: practices, perceived effectiveness, costs, and planning. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, *[S. l.]*, v. 2471, n. 1, p. 48–57, 2015. DOI: 10.3141/2471-07. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2471-07>. Acesso em: 05 ago. 2024.

INFRAERO. **Arquivos da licitação. Proposta de preços. Composição de preço unitário para a Microfresagem.** Brasília, DF, 2013. p. 13. Disponível em: https://licitacao.infraero.gov.br/arquivos_licitacao/2013/SRCO/003_ADICO_SBCG_2013_CC/Proposta%20de%20Pre%27os_ANFER_21%20a%2040.pdf. Acesso em: 07. fev. 2025.

INFRAERO. **Processo Administrativo. Licitação Eletrônica. Composição de preço unitário para Ranhuras Transversais.** Brasília, DF, 2023. p. 213 Disponível em: https://licitacao.infraero.gov.br/arquivos_licitacao/2023/SEDE/059_ADLI-1_SBUL_2023_LI/SEDEADM202300693V02.pdf. Acesso em: 07. fev. 2025.

IRFAN, M. *et al.* Evaluating the Cost Effectiveness of Flexible Rehabilitation Treatments Using Different Performance Criteria. **Journal of Transportation Engineering**, *[S. l.]*, v. 135, n. 10, p. 753–763, 2009. DOI:10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000041.

IRFAN, M. *et al.* Framework for airfield pavements management: an approach based on cost-effectiveness analysis. **European Transport Research Review**, *[S. l.]*, v. 7, n. 2, p. 13, 2015. DOI: 10.1007/s12544-015-0165-5.

JIANG, B.; CHEN X.; WANG, H. Computational analysis of skid resistance of aircraft tire on wet runway pavement with different groove depths. **Road Materials and Pavement Design**, *[S. l.]*, v. 24, n. 7, p. 1651-1668. 2023 DOI: 10.1080/14680629.2022.2092025.

JIANG, B.; WANG, H. An analytical solution for friction coefficients of grooved pavements considering tire rubber-groove interaction. **Tribology International**, *[S. l.]*, v. 190, p. 109052–109052, 2023. DOI: 10.1016/j.triboint.2023.109052.

KANE, M.; ZHAO, D.; DO, M. T.; CHAILLEUX, E.; LALARRARD, F. Exploring the Ageing Effect of Binder on Skid Resistance Evolution of Asphalt Pavement. **Road Materials and Pavement Design**, *[S. l.]*, v. 11, n. sup1, p. 543–557, 2010. DOI: 10.1080/14680629.2010.9690346.

KARNIKOWSKI, T. **Seleção de estratégias de manutenção e reabilitação de pavimentos urbanos baseada na análise do custo do ciclo de vida.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2019.

KHURSHID, M. B.; IRFAN, M.; LABI, S. Comparison of methods for evaluating pavement interventions: evaluation and case study. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2108, n. 1, p. 25-36, 2009. DOI:10.3141/2108-03.

KHURSHID, M. B.; IRFAN, M.; LABI, S. Optimal performance threshold determination for highway asset interventions: analytical framework and application. **Journal of transportation engineering**, [S. l.], v. 137, n. 2, p. 128-139, 2011. DOI:10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000198.

KULIKOWSKI, J. LCA case study for O'Hare International Airport Taxiway A&B Rehabilitation. *In*: Pavement LCA Conference, 2017, Champaign, Illinois, USA. **Anais [...]** Champaign: CRC Press, 2017. p. 89–101. DOI: 10.1201/9781315159324-11. Disponível em: https://lcasymposium.ict.illinois.edu/files/2018/01/15_LCA-Case-Study-for-O%E2%80%99Hare-International-Airport-Taxiway-A-B-Rehabilitation-FINAL-20161219.pdf. Acesso em 03 ago. 2024

LAMPTEY, G. *et al.* **Life Cycle Cost Analysis for INDOT Pavement Design Procedures**. Publication FHWA/IN/JTRP-2004/28. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2005. DOI: 10.5703/1288284313261.

LEE, J. C. *et al.* A Performance-Specified and Reliability-Based Approach for Life-Cycle Cost Analysis of Long Term Pavement Maintenance Contracts. **Advanced Materials Research**, [S. l.], v. 723, p. 721–728, 2013. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.723.721.

LEOCÁDIO, Alexandre da Silva. **Avaliação da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

LING, J.M; DU. Z.M; YUAN.M. Optimum Maintenance and Rehabilitation Decision Making Considering Delay Effects for Airport Pavement Management. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 602-611, 2013. DOI:10.6135/ijprt.org.tw/2013.6(5).602.

LIU, Y. *et al.* Critical groove depth and width for maintenance management of runway pavements, **International Journal of Pavement Engineering**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 2052875, 2023. DOI: 10.1080/10298436.2022.2052875.

LIU. Y.; WANG, R.; WAN, T. A method determining critical operating parameters for landing aircraft based on runway pavement skid resistance, **International Journal of Pavement Engineering**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 2346286, 2024. DOI: 10.1080/10298436.2024.2346286.

MAIA, A. O; OLIVEIRA, F. H. L. D.; SILVA, C. A. U. D. Um método de apoio à gestão para análise das condições de aderência em pavimentos aeroportuários. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [S. l.], v. 17, p. e022016, 2023. DOI: 10.21439/conexoes.v17i0.2905.

MAIA, A. O; SALES, R. S. e OLIVEIRA, F. H. L. Avaliação das condições de aderência em pavimento aeroportuário pós-obra de reabilitação. *In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - Anpet*, 36., 2022, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Galoá, 2022. p. 153346. Disponível em: <https://proceedings.science/anpet-2022/trabalhos/avaliacao-das-condicoes-de-aderencia-em-pavimento-aeroportuario-pos-obra-de-reab?lang=pt-br>. Acesso em: 16 jun, 2024.

MCDANIEL, R. S. *et al.* **Long Term Performance of a Porous Friction Course**. Publication FHWA/IN/JTRP-2009/22. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2010. DOI: 10.5703/1288284314284.

MCNERNEY, M. T.; G.P. VITTAS. Life cycle cost analysis of runway reconstruction alternatives for commercial service airports. *In: LOIZOS, A.; AL-QADI, I.; SCARPAS, T. Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*. London: CRC Press eBooks, 2017. p. 1783–1789.

MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. **Mecânica dos Pavimentos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

MIAH, MD. T. *et al.* An overview of the airport pavement management systems (APMS). **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 581–590, 2020. DOI:10.1007/s42947-020-6011-8.

MOHAMMED ZAKI, B. *et al.* The impact of economic analysis methods on project decision-making in airport pavement management. **Jurnal Teknologi**, [S. l.], v. 83, n. 3, p. 11–19, 2021. DOI: 10.11113/jurnalteknologi.v83.14366.

MOTA, G. A. S. P. **Estudo do uso de processamento digital de imagens na determinação do acúmulo de borracha em pistas de pousos e decolagens**. 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MOURA, I.R. *et al.* Airport pavement evaluation systems for maintenance strategies development: a systematic literature review. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S. l.], v.14, p.676–687, 2021. DOI: 10.1007/s42947-020-0255-1.

NAHVI, A. *et al.* Integrated stochastic life cycle benefit cost analysis of hydronically-heated apron pavement system. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 224, p. 994–1003, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.02.058.

NAHVI, A. *et al.* Towards resilient infrastructure systems for winter weather events: integrated stochastic economic evaluation of electrically conductive heated airfield pavements. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 41, p. 195–204, 2018. DOI: 10.1016/j.scs.2018.05.014.

NASCIMENTO, F. A.C; SILVA, M. A.V. A method for calculating and evaluating user costs in airport pavement management systems. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport**, [S. l.], v. 176, n. 7, p. 405–420, 2023. DOI: 10.1680/jtran.20.00014.

NOWAK, G. LCCA and Pavement Design for The New Parallel Runway at Calgary International Airport. *In: Airfield and Highway Pavement 2013: sustainable and efficient pavements*, 2013, Los Angeles, California, USA. **Anais [...]**. Los Angeles: ASCE Library, 2013. p. 153-164. DOI: 10.1061/9780784413005.01.

NUR, A.B.M. **Life Cycle Cost Analysis on Airport Pavement Design with Different Types of Materials**. 2023. Thesis (Master of Civil and Transportation Engineering) - Department of Civil Engineering, Military Institute of Science and Technology (MIST), Dhaka, Bangladesh, 2023.

OLIVEIRA, F. H. L. **Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, F. H. L.; ALMEIDA, L. C.; RAMOS, S. P. Estudo do comportamento da aderência e do conforto ao rolamento em pistas de pouso e decolagem. **TRANSPORTES**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 27–33, 2016. DOI: 10.14295/transportes.v24i2.1059. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1059>. Acesso em: 2 jul. 2024.

OLIVEIRA, F.H.L; NOBRE JÚNIOR, E.F. Acúmulo e remoção de borracha em pavimentos asfálticos do Aeroporto Internacional de Fortaleza. *In: VIII Simpósio de Transporte Aéreo*, 8., 2009. São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: SITRAER, 2009, p. 23-35.

ONG, G. P.; FWA, T. F. Transverse pavement grooving against hydroplaning. I: simulation model. **Journal of transportation engineering**, [S. l.], v. 132, n. 6, p. 441-448, 2006. DOI:10.1061/(ASCE)0733-947X(2006)132:6(441).

ORABI, J.; SHATILA, W. Life cycle assessment and life cycle cost analysis for airfield pavement: a review article. **Innovative Infrastructure Solutions**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 195, 2024. DOI: 10.1007/s41062-024-01496-4. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s41062-024-01496-4>. Acesso em: 28 jun. 2024.

PASINDU, H. R.; FWA, T. F.; ONG, G. P. Evaluation of skid resistance of grooved runway pavements. *In: Asia Pacific Conference on Transportation and the Environment*, 8., 2012, Songkhla, Thailand. **Anais [...]**. Songkhla: APTE, 2012. p. 1-9.

PITTENGER, D. M. Evaluating sustainability of selected airport pavement treatments with life-cycle cost, raw material consumption, and Greenroads standards. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2206, n.1, p. 61-68, 2011. DOI:10.3141/2206-08.

PITTENGER, D. M. *et al.* Life-Cycle Cost-Based Pavement Preservation Treatment Design. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 2235, n. 1, p. 28–35, 2011. DOI:10.3141/2235-04.

PITTENGER, D. M. *et al.* Stochastic life-cycle cost analysis for pavement preservation treatments. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.] v. 2292, n. 1, p. 45-51, 2012. DOI: 10.3141/2292-06.

QIAN, J.; WANG, H. Analysis of skid resistance and braking distance of aircraft tire landing on grooved runway pavement. **International Journal of Pavement Engineering**, [S. l.] v. 24, n. 2, p. 2101054, 2022. DOI:10.1080/10298436.2022.2101054.

QUARIGUASI, J. B. F.; ALMEIDA, L. C.; OLIVEIRA, F. H. L. Análise da aderência pneu-pavimento aeroportuário em revestimento de camada porosa de atrito. *In*: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – Anpet, 32., 2018, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Gramado: Anpet, 2018. p.1099-1109.

QUARIGUASI, J. B. F.; OLIVEIRA, F. H. L.; SOARES E REIS, S. D. Modelo de previsão do coeficiente de atrito para pista de pouso e decolagem com uso de redes neurais artificiais. **TRANSPORTES**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 2401, 2021. DOI: 10.14295/transportes.v29i2.2401. Disponível em: <https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2401>. Acesso em: 1 ago. 2024.

RAGUSA, E.; COSTA, A.; DI GRAZIANO, A. Exploring New Computational Strategies for Managing Maintenance Activities of Airport Pavement Systems. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 80–101, 2024. DOI:10.1007/s42947-022-00222-6. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s42947-022-00222-6>. Acesso em: 03 ago. 2024.

RAHMAN, M. M; TAREFDER, R. A. Selection of the most cost effective pavement maintenance treatment for selected airport pavements in New Mexico. *In*: Symposium on Pavement Surface Characteristics: SURF, 7., 2012, Virginia, USA. **Anais [...]**. Virginia: SURF, 2012. p. 1-15.

RAMOS, F. R. Q. **Aplicação de SMA (Stone Matrix Asphalt) em pavimentos aeroportuários**: estudo de caso do Aeroporto de Aracaju – SE. 2015. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Núcleo de Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2015.

RODRIGUES FILHO, O. S. **Características de aderência de revestimentos asfálticos aeroportuários**: estudo de caso do Aeroporto Internacional de São Paulo/Congonhas. 2006. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SALES, R. S; OLIVEIRA, F. H. L; PRADO L. A. Performance of tire-asphalt pavement adherence according to rubber removal on runways. **International Journal of Pavement Engineering**, [S. l.], v. 23, n. 10, p. 3566-3576, 2022. DOI: 10.1080/10298436.2021.1907577.

SANTOS, C. R. G. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários**: uma abordagem probabilística. 2011. 295 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The Little Book of Profiling**: basic information about measuring an interpreting road profiles. Michigan: University of Michigan, 1998.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. 2nd ed. New York, USA: Chapman & Hall, 2005.

SILVA, L. P. S. **Aderência pneu-pavimento em revestimentos asfálticos aeroportuários**. 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SOUSA, E.S.; OLIVEIRA, F. H.L. Análise de limites de IRI em pistas aeroportuárias com base em simulações computacionais. *In*: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte – Anpet, 34., 2020, Digital. **Anais [...]**. [S. l.]: Anpet, 2020. p. 785–788.

SOUZA, N. M. D., DE ALMEIDA FILHO, A. T. A systematic airport runway maintenance and inspection policy based on a delay time modeling approach. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 110, p. 103039, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.103039.

SYNOVEC, T. M.; HOWARD, I. L. Simulation-Based Individualized Airfield Pavement Maintenance Recommendations to Reduce Total Cost of Ownership for the U.S. Air Force. **Engineering Management Journal**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 420–435, 2022. DOI: 10.1080/10429247.2021.1940045.

TAREFDER, R. A; RAHMAN, M. M. Development of system dynamic approaches to airport pavements maintenance. **Journal of Transportation Engineering**, [S. l.], v. 142, n. 8, p. 04016027, 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.000085

TIGHE, S. *et al.* An Evaluation of Various Prioritization Methods for Effective Pavement Management: a Canadian airport case study. *In*: Federal Aviation Administration World Wide Airport Technology Transfer Conference, 2004, Atlantic City, New Jersey, USA. **Anais [...]**. Atlantic City: FAA, 2004. p. 18-28.

TIGHE, S. Guidelines for probabilistic pavement life cycle cost analysis. **Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board**, [S. l.], v. 1769, n. 1, p. 28-38, 2001. DOI:10.3141/1769-04.

UNITED STATES OF AMERICA. Federal Aviation Administration. **Airport Pavement Design and Evaluation. Advisory Circular – AC 150/5320-6G**. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC, 2021.

UNITED STATES OF AMERICA. Federal Aviation Administration. **Airport Pavement Management Program. Advisory Circular – AC 150/5380-7B**. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC, 2014.

UNITED STATES OF AMERICA. Federal Highway Administration. Pavement Division. **Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design: Interim Technical Bulletin (No. FHWA-SA-98-079)**. Washington, DC, 1998.

WANG, Z.; WANG, H. Life-cycle cost analysis of optimal timing of pavement preservation. **Frontiers of Structural and Civil Engineering**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 17–26, 2017. DOI: 10.1007/s11709-016-0369-3.

WHITE, G. Comparing the Cost of Rigid and Flexible Aircraft Pavements Using a Parametric Whole of Life Cost Analysis. **Infrastructures**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 117, 2021. DOI: DOI:10.3390/infrastructures6080117.

WHITE, G.; FAIRWEATHER, H.; JAMSHIDI, A. Sustainable runway pavement rehabilitation: a case study of an Australian airport. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 204, p. 380–389, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.305. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618326660>. Acesso em: 28 ago.2024.

WHITE, G.; KITCHEN R. Parametric comparison of the whole of life cycle cost of rigid and flexible aircraft pavements, *In: Annual International Conference on Pavement Engineering*, 18., 2019, Liverpool, England, United Kingdom. **Anais [...]** Liverpool: Asphalt Technology and Infrastructure, 2019. p. 27-28.

WHITELEY, L.; TIGHE, S.; ZHANG, Z. Incorporating Variability into Pavement Performance, Life-Cycle Cost Analysis, and Performance-Based Specification Pay Factors. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S. l.], v. 1940, n. 1, p. 13–20, 2005. DOI:10.3141/1940-02. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198105194000102>. Acesso em: 31 jul. 2024.

YEUNG, C. *et al.* Maintenance management of grooved runway pavement. *In: World Conference on Pavement and Asset Management*, 2017, Baveno, Italy. **Anais [...]**. London: CRC Press eBooks, 2019. p. 699–706. DOI: 10.1201/9780429264702-84.

ZHANG, H.; KEOLEIAN, G. A.; LEPECH, M. An integrated life cycle assessment and life cycle analysis model for pavement overlay systems. *In: International Symposium on Life-Cycle Civil Engineerin – IALCCE*, 2008, Varenna, Lake Como, Italy. **Anais [...]**. [S. l.]: CRC Press, p. 907–912, 2008. DOI: 10.1201/9780203885307.ch141.

ZHENG, B. *et al.* Adhesion characteristics of tireasphalt pavement interface based on a proposed tire hydroplaning model. **Advances in Materials Science and Engineering**, [S. l.], v. 2018, n.4, p. 1-12, 2018. DOI: 10.1155/2018/5916180.

ZHU, X. *et al.* Effects of surface texture deterioration and wet surface conditions on asphalt runway skid resistance. **Tribology International**, [S. l.], v. 153, p. 106589, 2021. DOI:10.1016/j.triboint.2020.106589.

**APÊNDICE A — COMPOSIÇÕES DE CUSTO: MICROFRESAGEM E EXECUÇÃO
DE RANHURAS TRANSVERSAIS (*GROOVING*)**

Microfresagem – PPD A

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (jan/24)							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	161,43	71,18	161,43
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.394,79	480,29	1.394,79
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	292,97	94,54	304,69
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	255,62	77,15	255,62
							R\$ 2.116,52
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total		
P9824	Servente	1,60	h	20,66	33,06		
							R\$ 33,06
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³					Subtotal	R\$ 195,42	
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:							
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total		
M1974	Dente de corte para fresadora de 455 kW	0,88	un	40,21	35,38		
M2148	Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio	0,05	un	494,07	25,44		
							R\$ 60,83
							Total R\$ 256,24

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (abr/24)							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	161,06	71,42	161,06
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.391,01	480,73	1.391,01
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	299,51	90,27	311,49
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	249,25	74,56	249,25
							R\$ 2.112,81
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total		
P9824	Servente	1,60	h	20,47	32,76		
							R\$ 32,76
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³					Subtotal	R\$ 195,05	
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:							
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total		
M1974	Dente de corte para fresadora de 455 kW	0,88	un	40,21	35,38		
M2148	Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio	0,05	un	494,10	25,45		
							R\$ 60,83
							Total R\$ 255,88

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (jul/24)

jul/24

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9697 Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	162,94	71,86	162,94
E9678 Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.405,84	483,29	1.405,85
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	306,75	92,11	319,02
E9605 Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	248,14	72,36	248,14
						R\$ 2.135,95
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total	
P9824 Servente		1,60	h	20,60	32,96	
						R\$ 32,96
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³						
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:						Subtotal R\$ 197,17
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total	
M1974 Dente de corte para fresadora de 455 kW		0,88	un	40,21	35,38	
M2148 Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio		0,05	un	494,19	25,45	
						Subtotal R\$ 60,83
						Total R\$ 258,01

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (out/24)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9697 Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	166,28	74,47	166,28
E9678 Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.412,06	484,25	1.412,06
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	312,82	96,29	325,34
E9605 Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	255,80	77,47	255,80
						R\$ 2.159,47
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total	
P9824 Servente		1,60	h	22,30	35,67	
						R\$ 35,67
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³						
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:						Subtotal R\$ 195,05
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total	
M1974 Dente de corte para fresadora de 455 kW		0,88	un	40,21	35,39	
M2148 Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio		0,05	un	494,22	25,45	
						Subtotal R\$ 60,84
						Total R\$ 260,40

Grooving – PPD B

Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC) (jan/24)							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	163,44	73,15	163,44
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	2,00	1,00	0,00	261,04	79,31	522,08
							R\$ 685,51

PRODUÇÃO DA EQUIPE: 300 m²

CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:

Subtotal R\$ 2,29

B - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
Máquina ranhuradora tripulada - cabeçote de corte 1 m de largura	1,00	un	35,11	35,11
				Subtotal R\$ 35,11
				Total R\$ 37,40

Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC) (abr/24)							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	163,27	73,69	163,27
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	2,00	1,00	0,00	257,30	78,51	514,59
							R\$ 677,86

PRODUÇÃO DA EQUIPE: 300 m²

CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:

Subtotal R\$ 2,26

B - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
Máquina ranhuradora tripulada - cabeçote de corte 1 m de largura	1,00	un	35,11	35,11
				Subtotal R\$ 35,11
				Total R\$ 37,37

Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC) (jul/24)							
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	164,42	74,25	164,42
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	2,00	1,00	0,00	253,69	76,27	507,38
							R\$ 671,80

PRODUÇÃO DA EQUIPE: 300 m²

CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:

Subtotal R\$ 2,24

B - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
Máquina ranhuradora tripulada - cabeçote de corte 1 m de largura	1,00	un	35,11	35,11
				Subtotal R\$ 35,11
				Total R\$ 37,35

Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC) (out/24)								
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total		
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo			
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	165,64	74,52	165,64	
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	2,00	1,00	0,00	256,26	76,69	512,52	
							R\$ 678,17	
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 300 m²								
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:							Subtotal	R\$ 2,26
B - MATERIAL					Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
Máquina ranhuradora tripulada - cabeçote de corte 1 m de largura					1,00	un	35,11	35,11
							Subtotal	R\$ 35,11
							Total	R\$ 37,37

Microfresagem – PPD C

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (jan/24)								
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total		
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo			
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	165,60	73,94	165,60	
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.407,03	481,04	1.407,03	
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	292,85	90,88	304,56	
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	255,95	73,77	255,95	
							R\$ 2.133,14	
B - MÃO DE OBRA			Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total		
P9824	Servente		1,60	h	27,86	44,58		
							R\$ 44,58	
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³								
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:						Subtotal	R\$ 197,97	
C - MATERIAL			Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total		
M1974	Dente de corte para fresadora de 455 kW		0,88	un	40,02	35,22		
M2148	Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio		0,05	un	486,73	25,07		
							Subtotal	R\$ 60,29
							Total	R\$ 258,26

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (abr/24)								
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total		
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo			
E9697	Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	162,93	74,37	162,93	
E9678	Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.396,551	482,68	1.386,51	
E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	294,13	87,17	305,90	
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	244,52	71,71	244,52	
							R\$ 2.099,86	
B - MÃO DE OBRA			Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total		
P9824	Servente		1,60	h	27,99	44,79		
							R\$ 44,79	
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³								
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:						Subtotal	R\$ 194,97	
C - MATERIAL			Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total		
M1974	Dente de corte para fresadora de 455 kW		0,88	un	40,02	35,22		
M2148	Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio		0,05	un	486,74	25,07		
							Subtotal	R\$ 60,29
							Total	R\$ 255,26

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (jul/24)

jul/24

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9697 Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	164,85	75,33	164,85
E9678 Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.399,24	486,40	1.399,24
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	300,62	89,46	312,64
E9605 Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	242,91	70,00	242,91
						R\$ 2.119,64

B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total
P9824 Servente	1,60	h	29,05	46,48
				R\$ 46,48

PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³

CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:

Subtotal R\$ 196,92

C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
M1974 Dente de corte para fresadora de 455 kW	0,88	un	40,03	35,22
M2148 Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio	0,05	un	486,77	25,07
				Subtotal R\$ 60,29
				Total R\$ 257,21

Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície (out/24)

A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo total
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9697 Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,68 m - 45,50 kW	1,00	1,00	0,00	165,06	75,45	165,06
E9678 Fresadora a frio - 455 kW	1,00	1,00	0,00	1.401,27	487,78	1.401,27
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,04	1,00	0,00	301,17	89,79	313,22
E9605 Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00	1,00	0,00	245,24	71,26	245,24
						R\$ 2.124,79

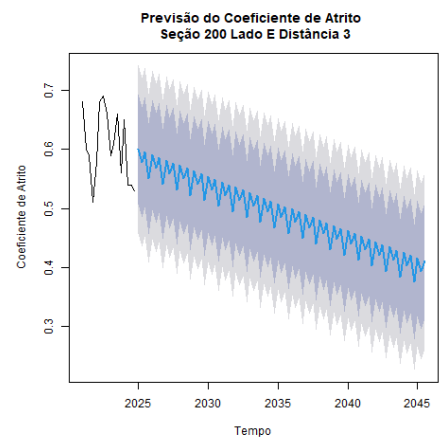
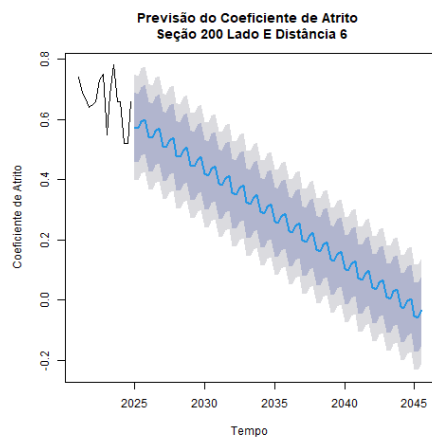
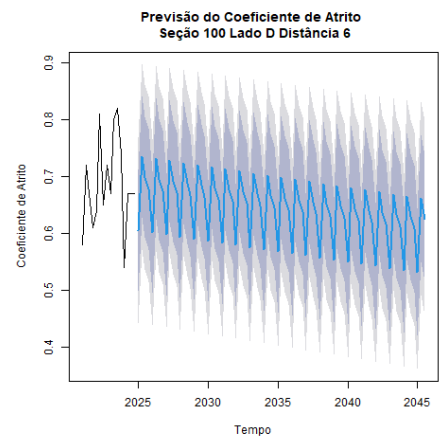
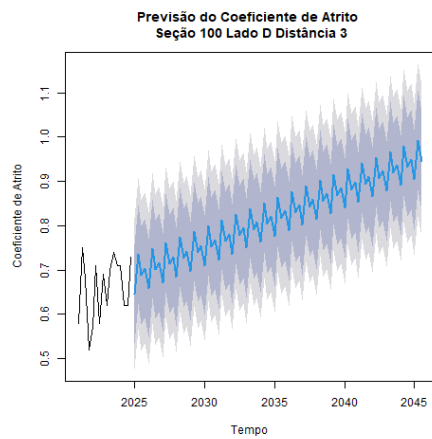
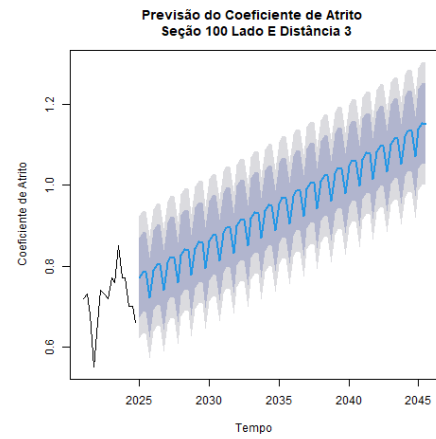
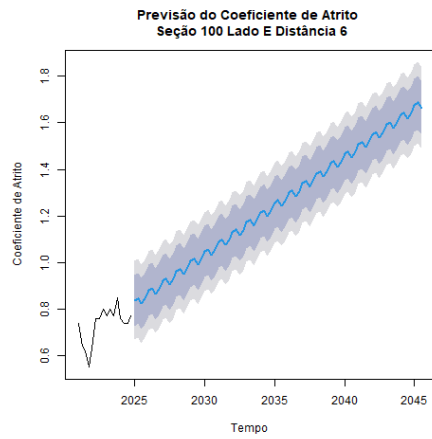
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo total
P9824 Servente	1,60	h	28,93	46,28
				R\$ 46,28

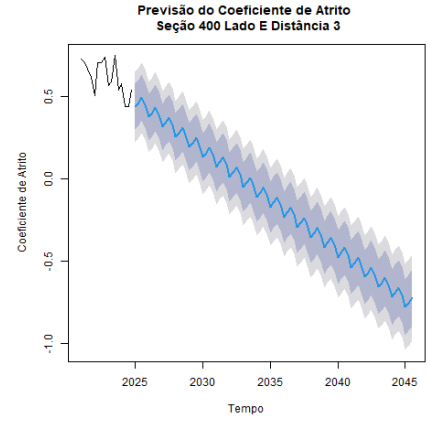
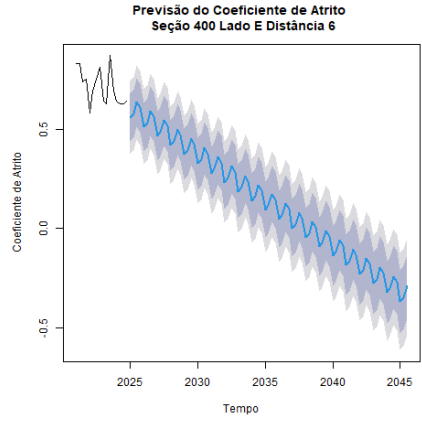
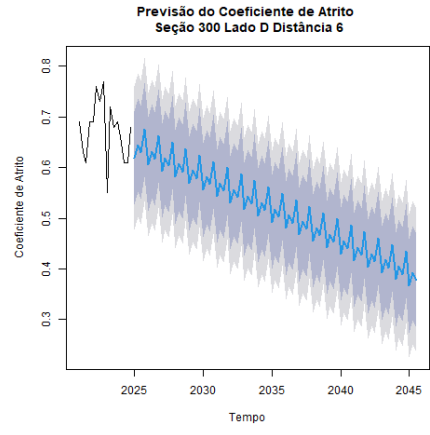
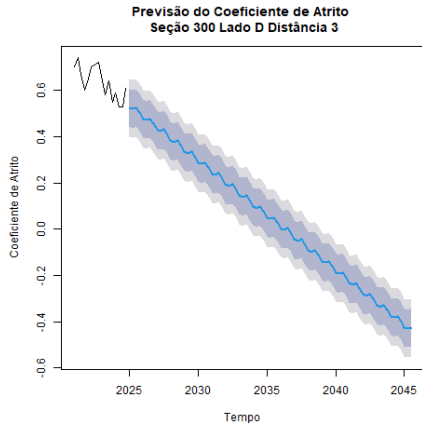
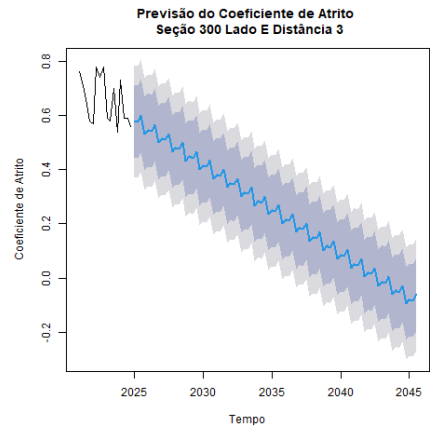
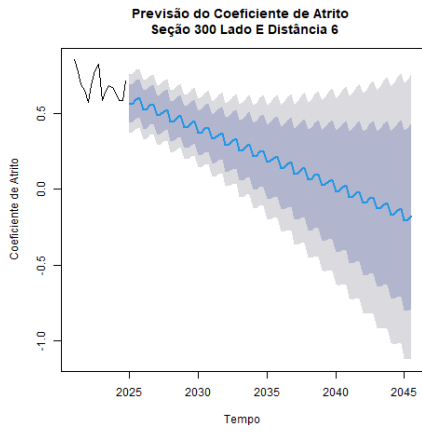
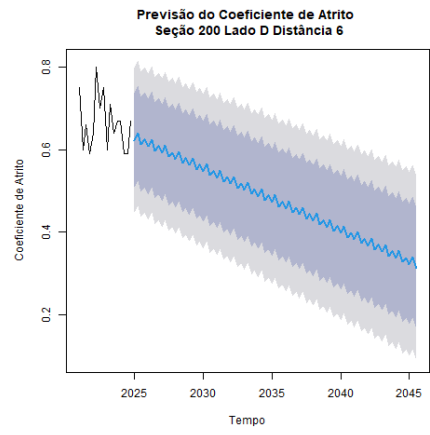
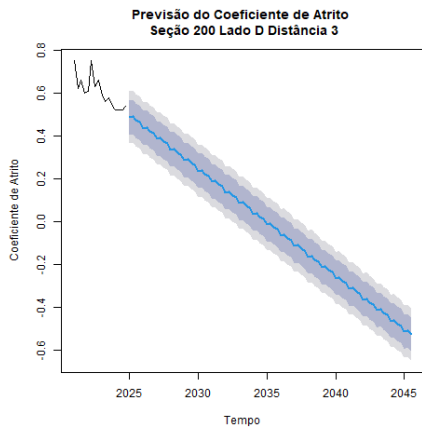
PRODUÇÃO DA EQUIPE: 11 m³

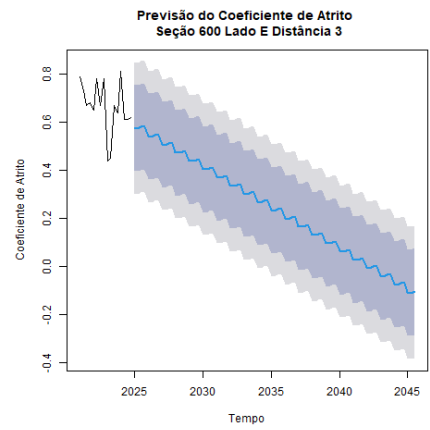
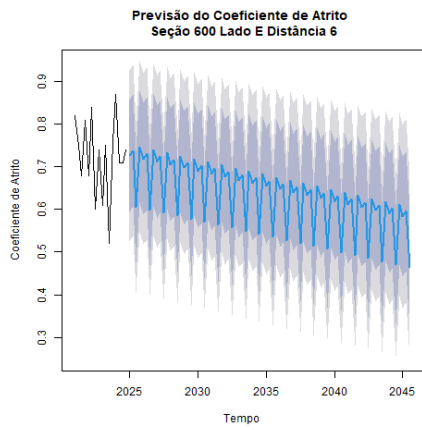
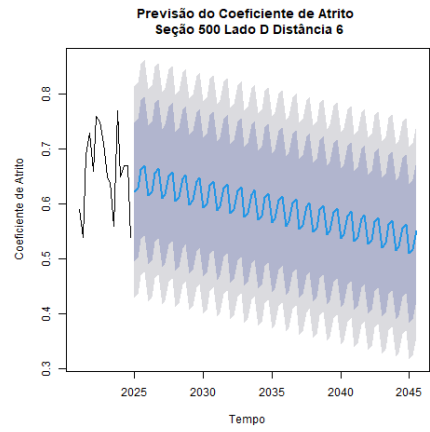
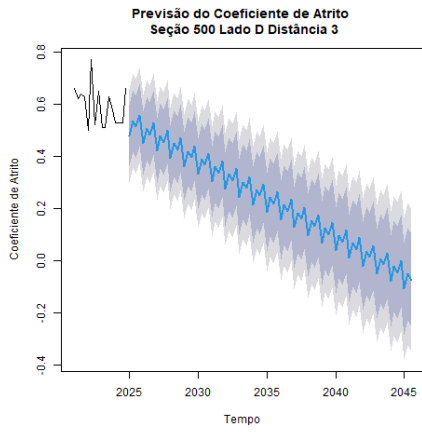
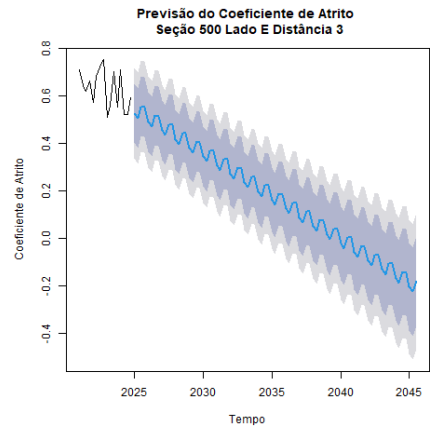
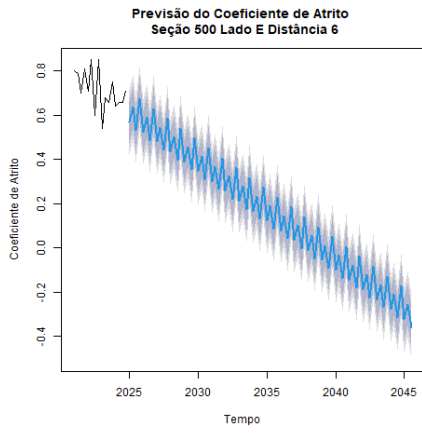
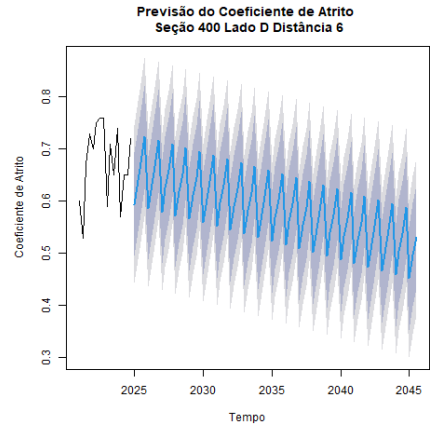
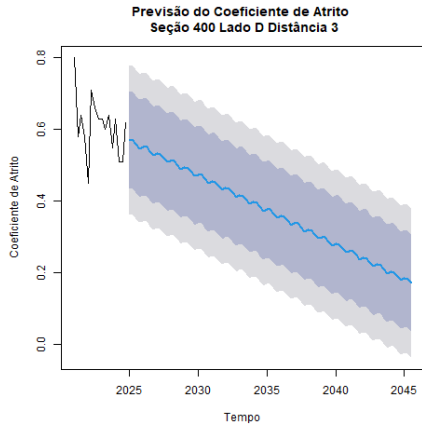
CUSTO UNITÁRIO DA PRODUÇÃO:

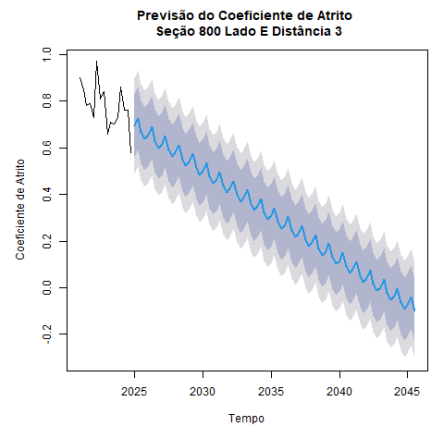
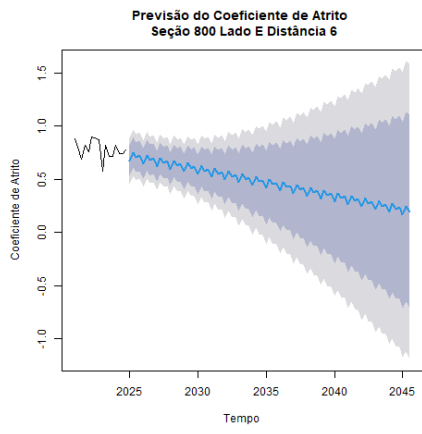
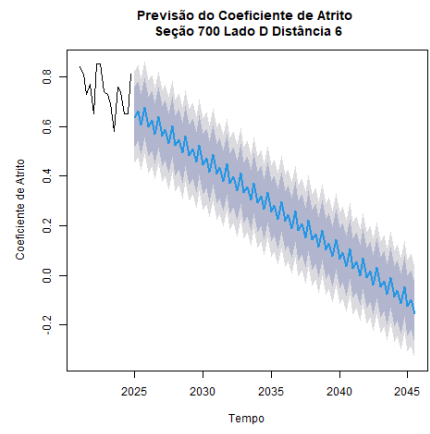
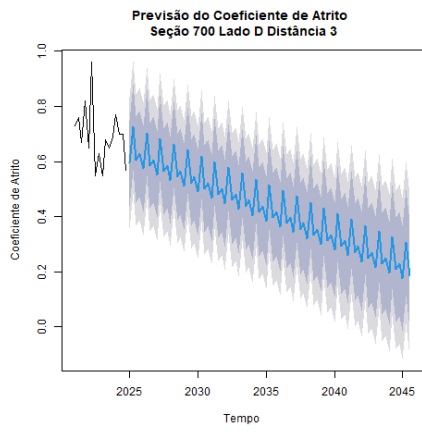
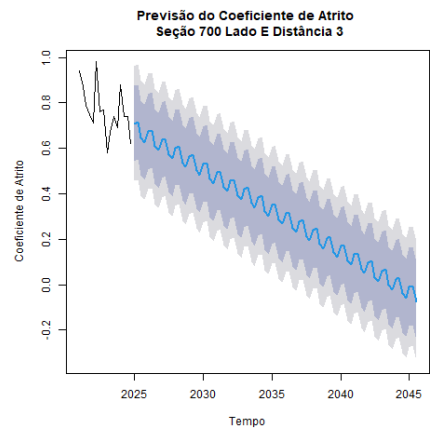
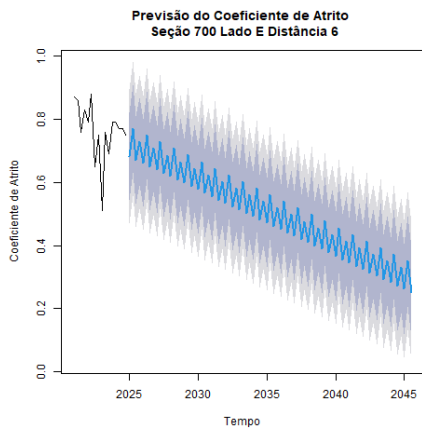
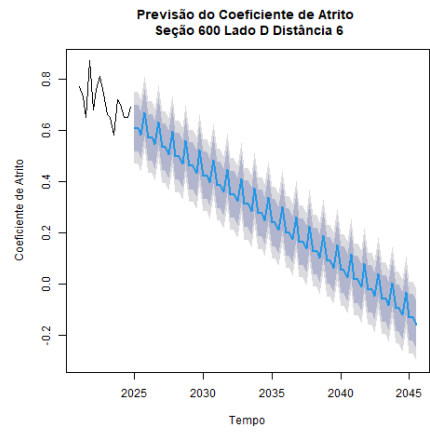
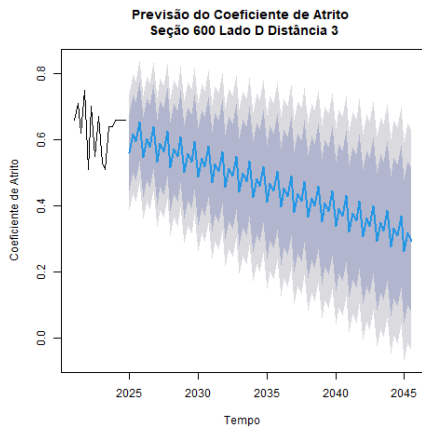
Subtotal R\$ 197,37

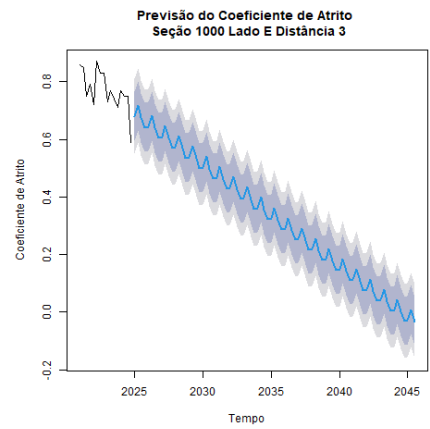
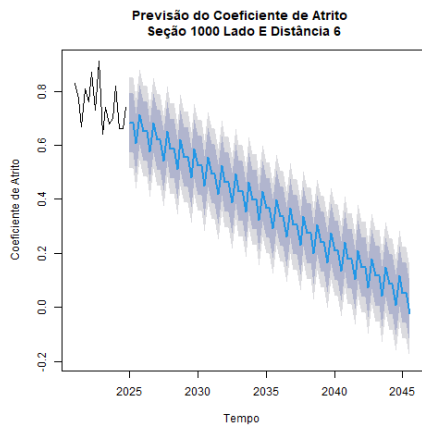
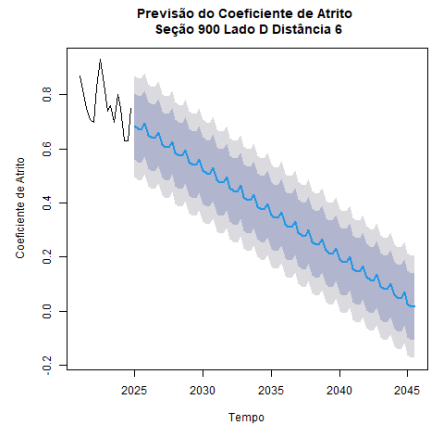
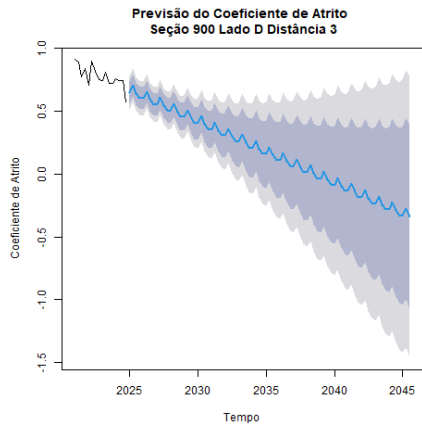
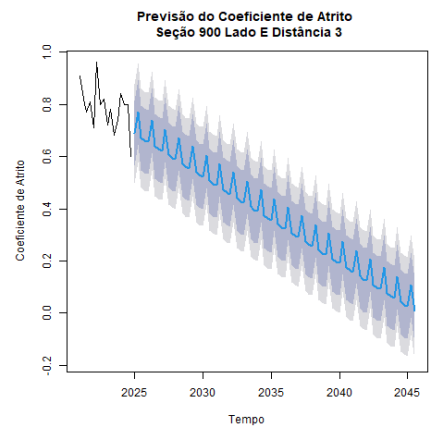
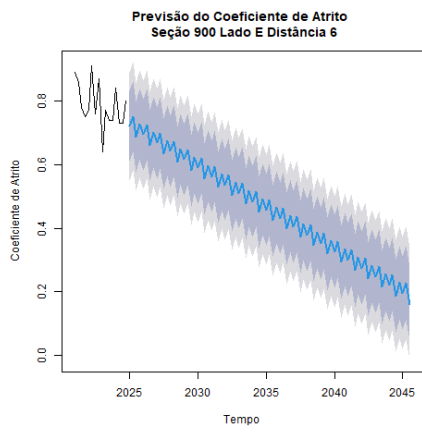
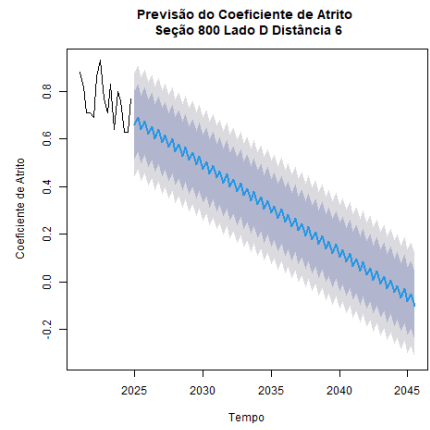
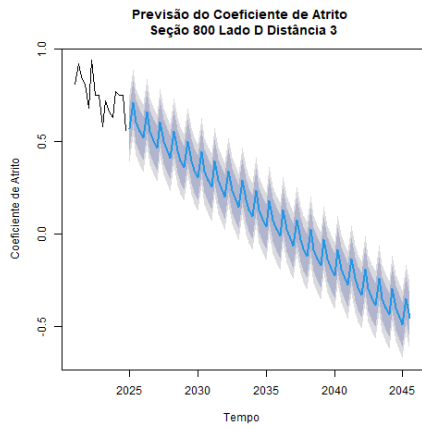
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço unitário	Custo total
M1974 Dente de corte para fresadora de 455 kW	0,88	un	40,03	35,22
M2148 Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio	0,05	un	486,78	25,07
				Subtotal R\$ 60,29
				Total R\$ 257,66

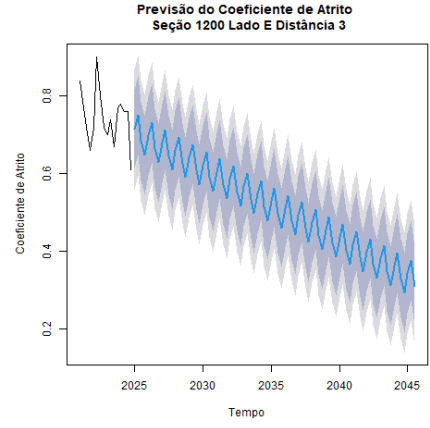
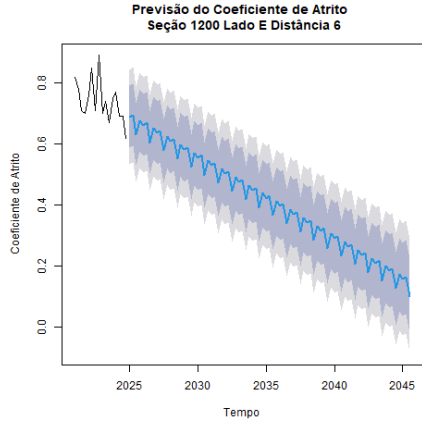
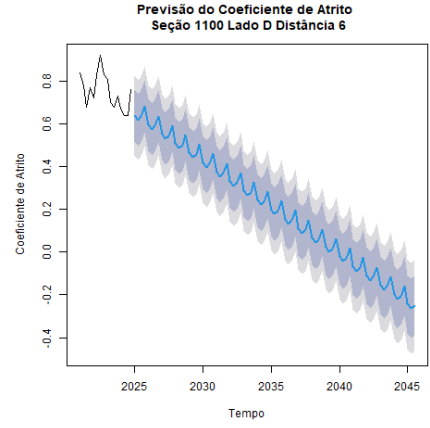
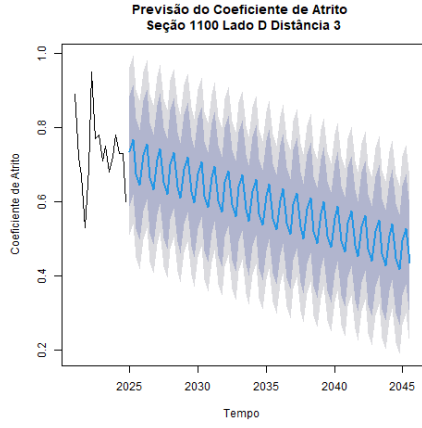
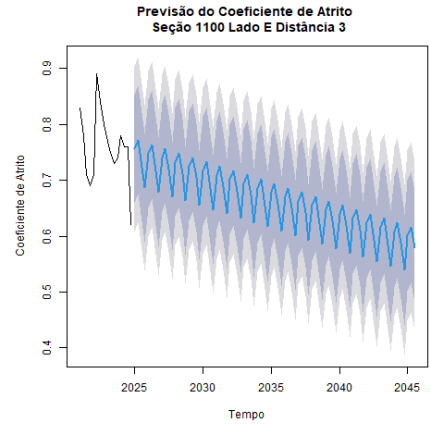
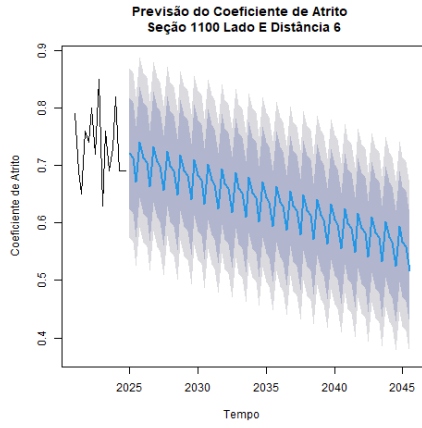
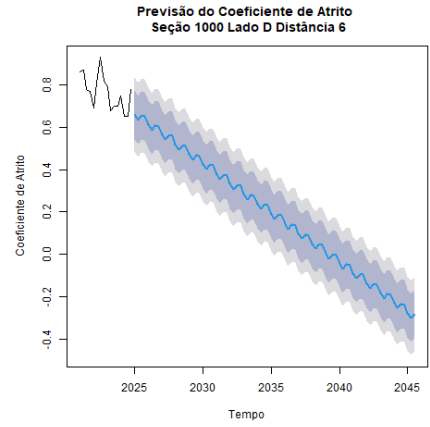
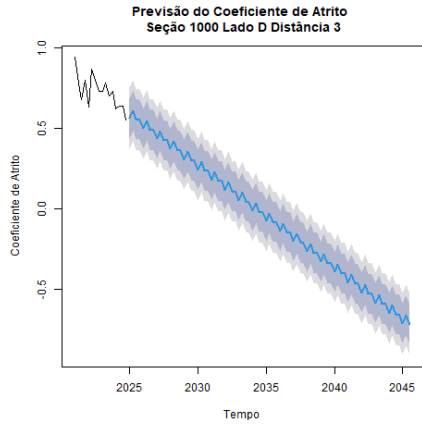
APÊNDICE B — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD A**Modelo 1 (por ponto de levantamento/medição)**

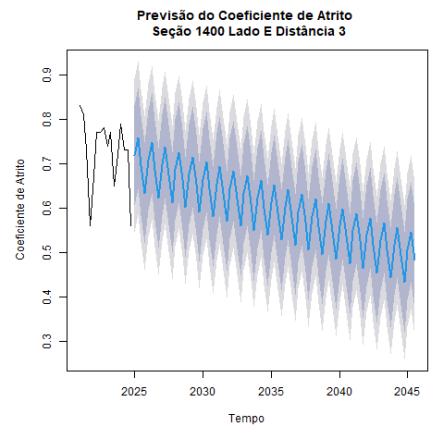
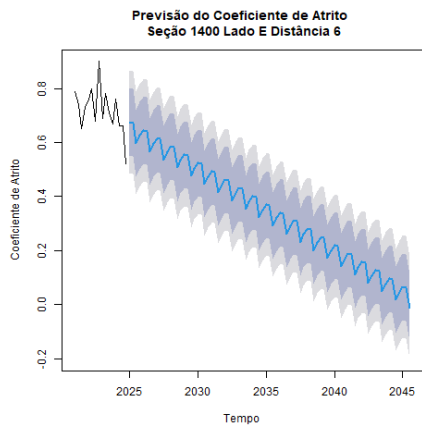
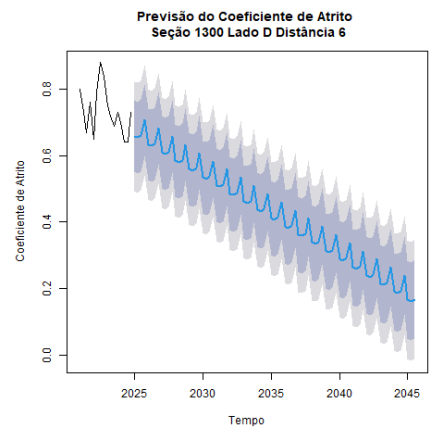
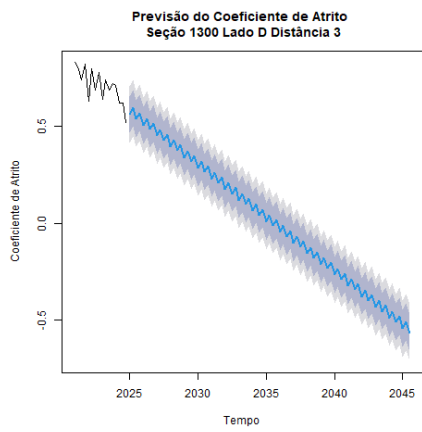
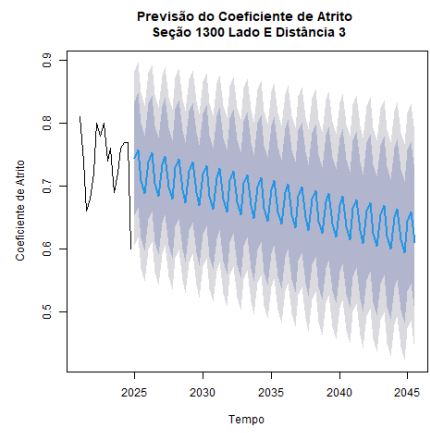
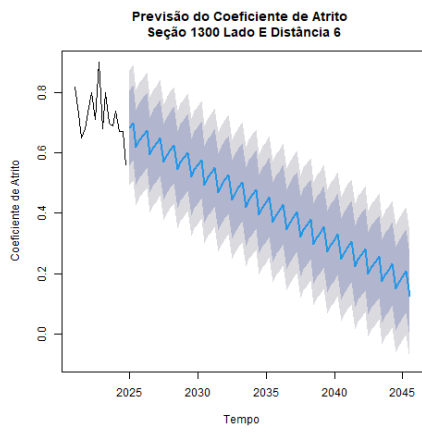
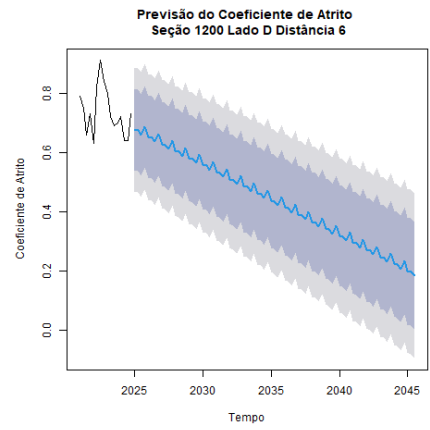
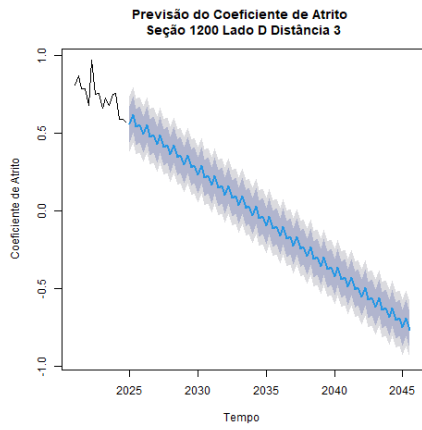


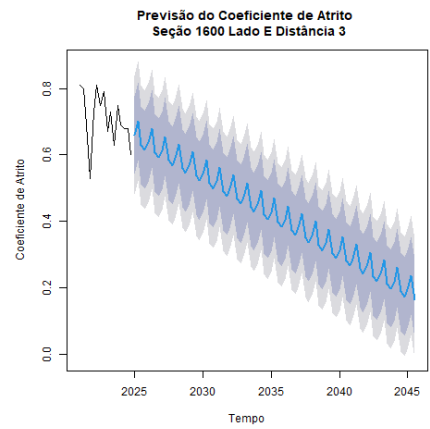
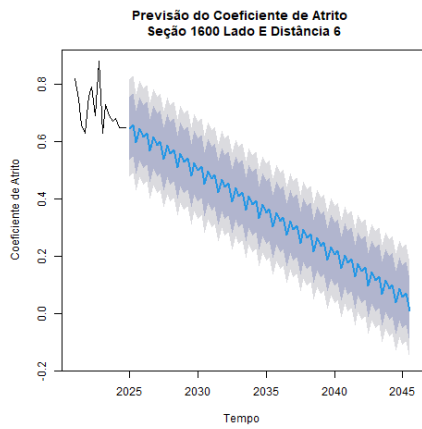
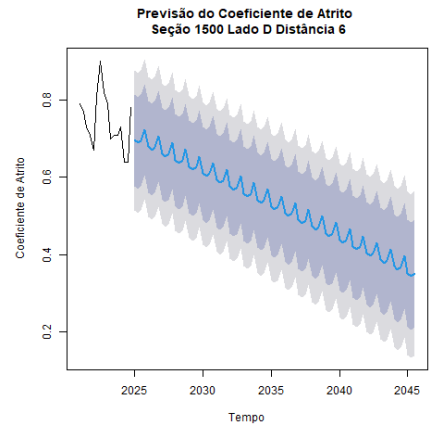
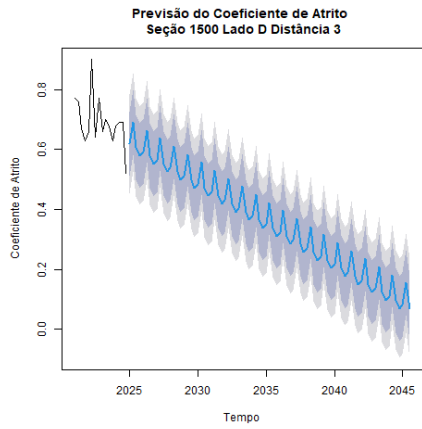
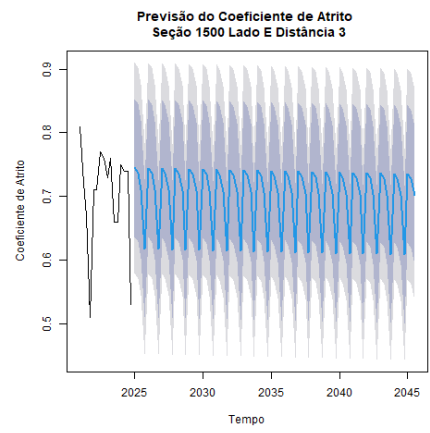
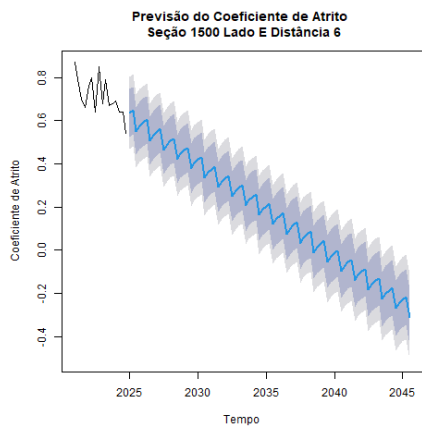
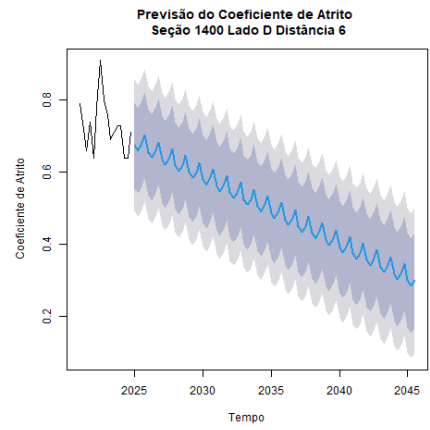
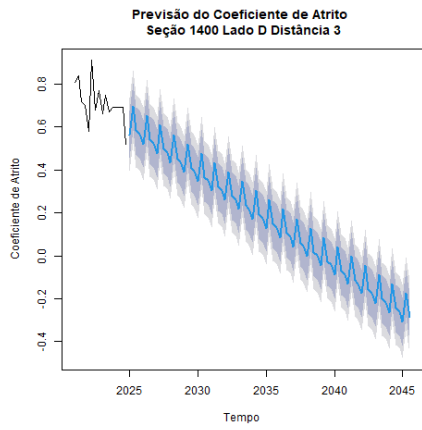


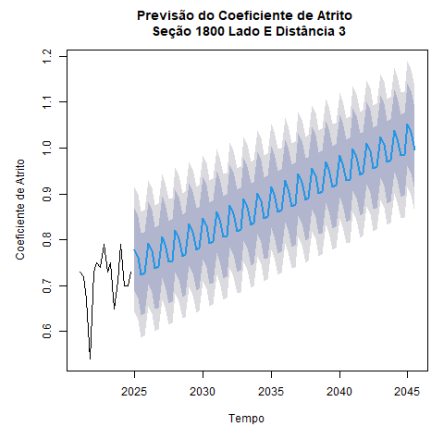
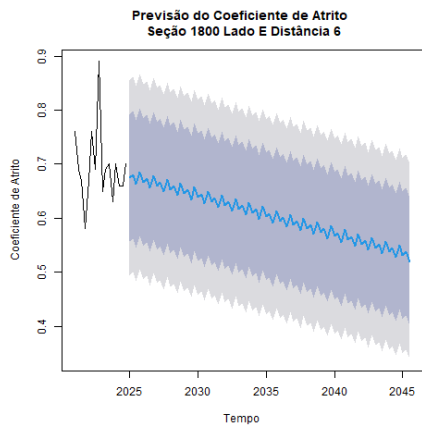
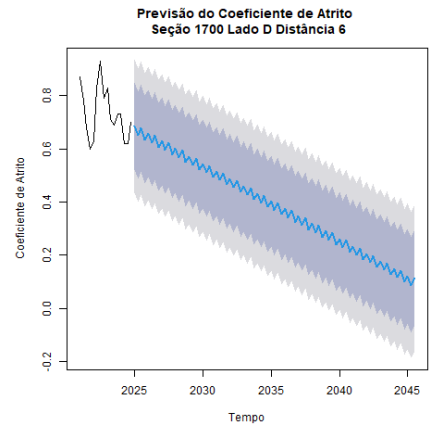
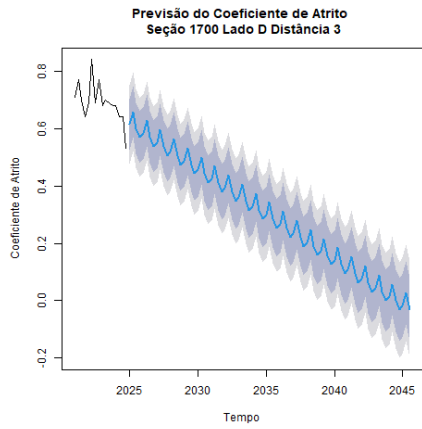
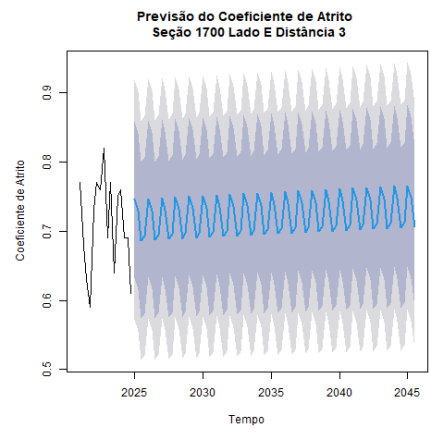
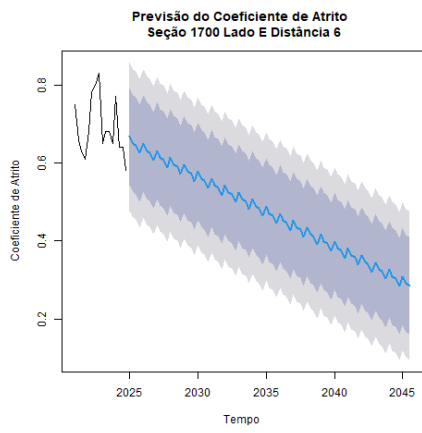
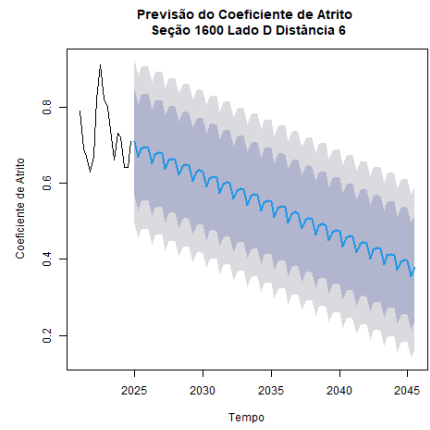
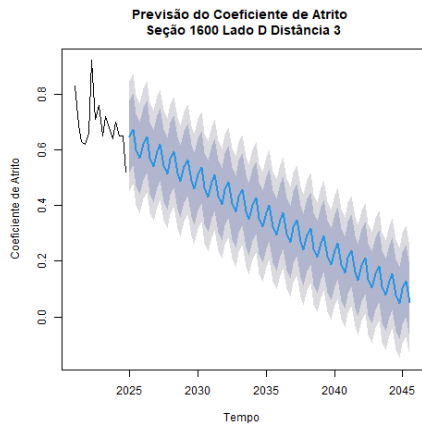


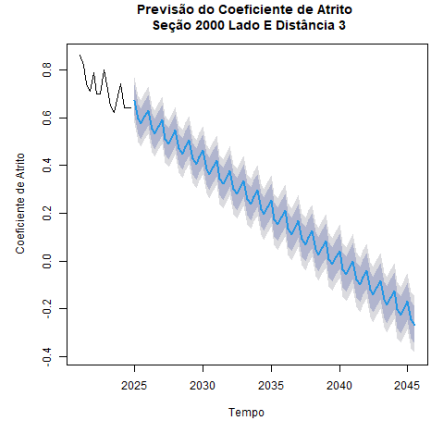
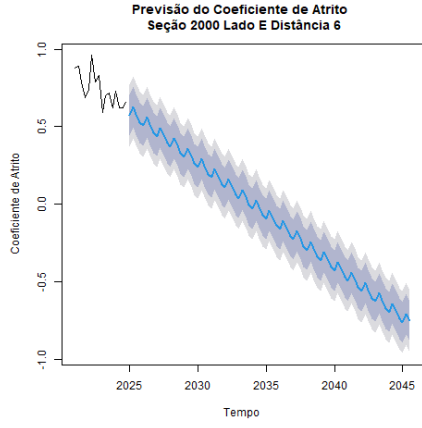
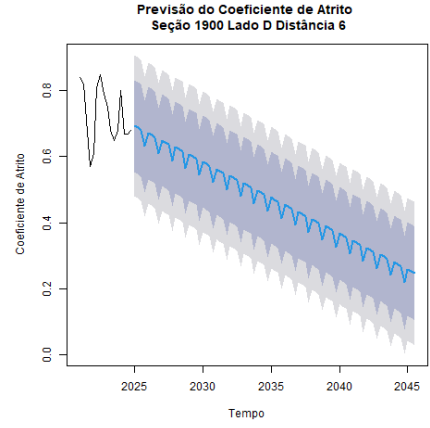
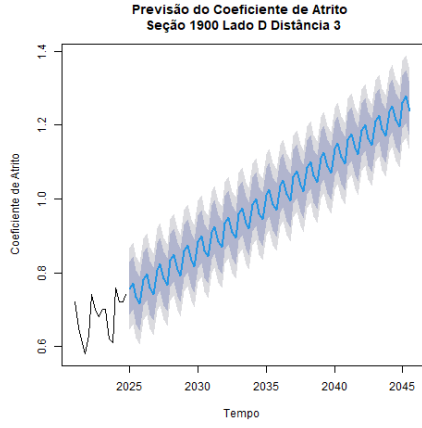
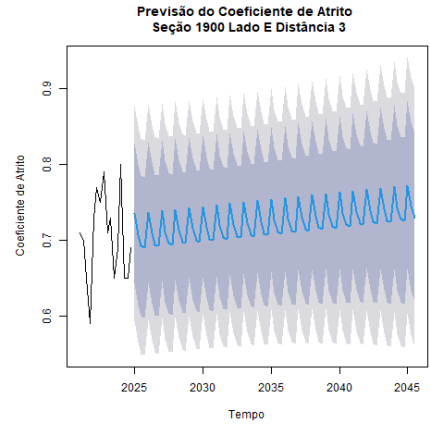
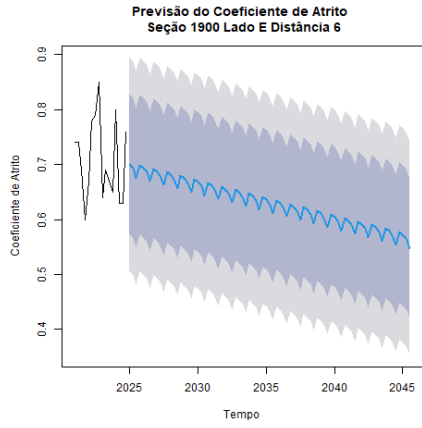
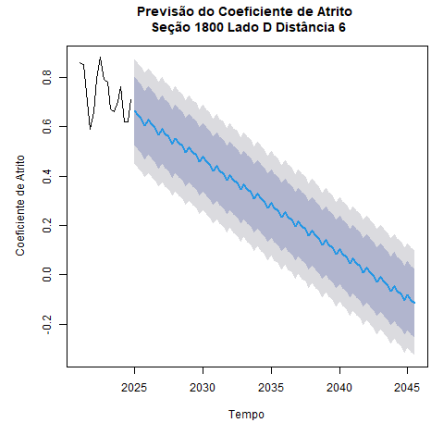
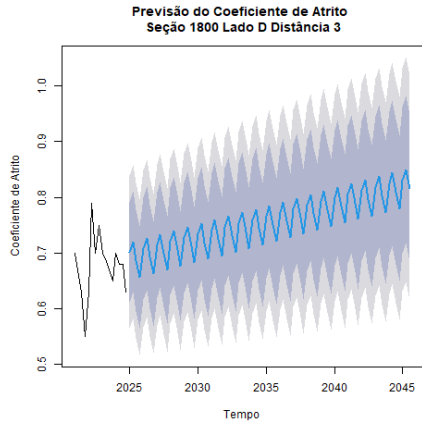


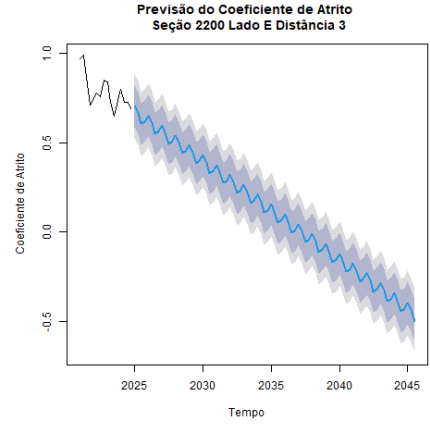
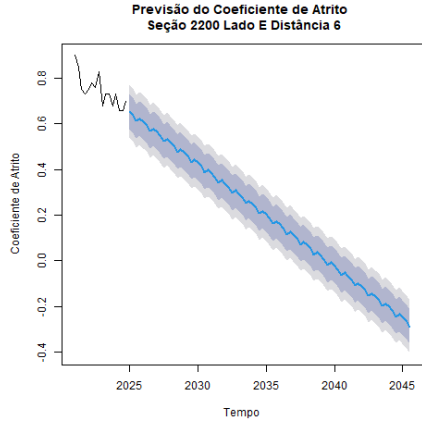
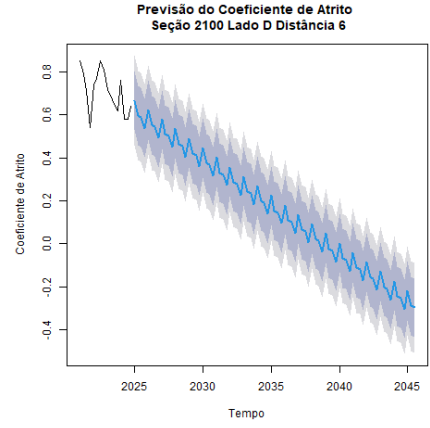
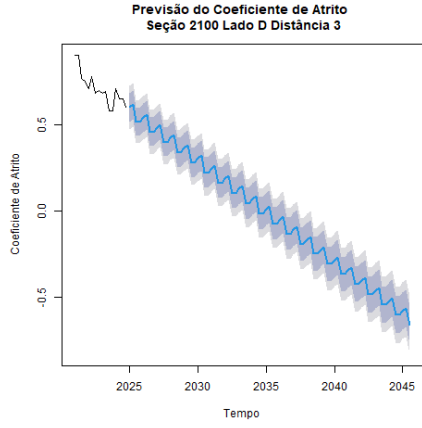
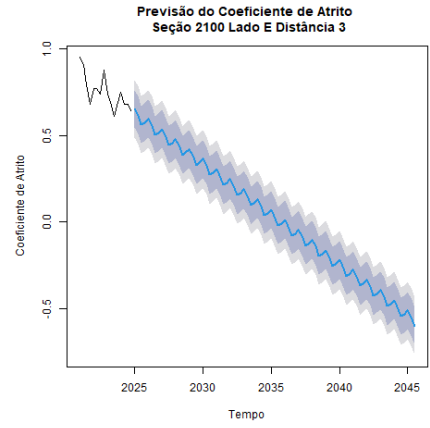
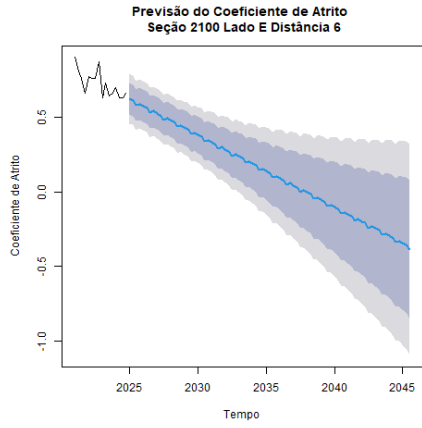
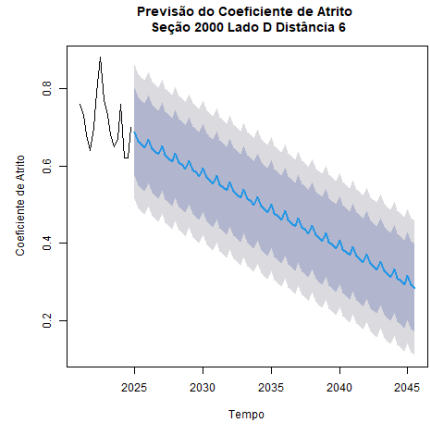
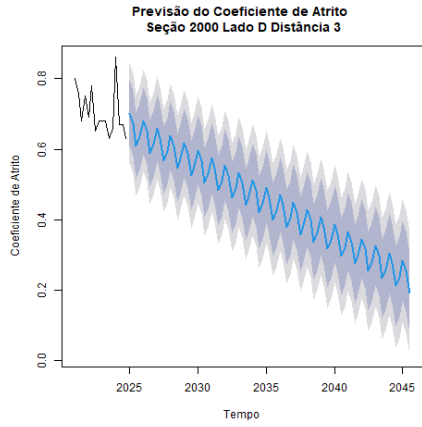


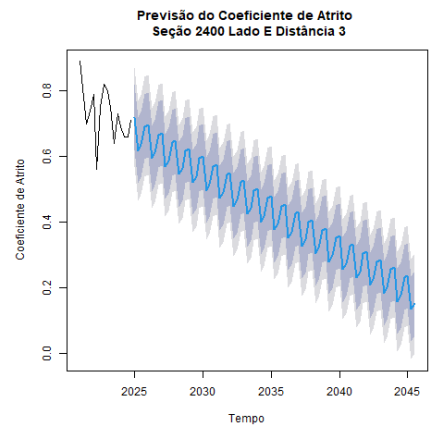
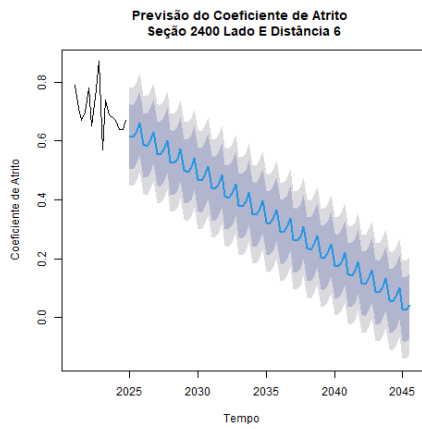
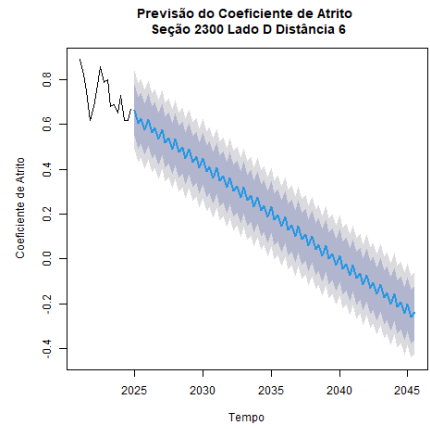
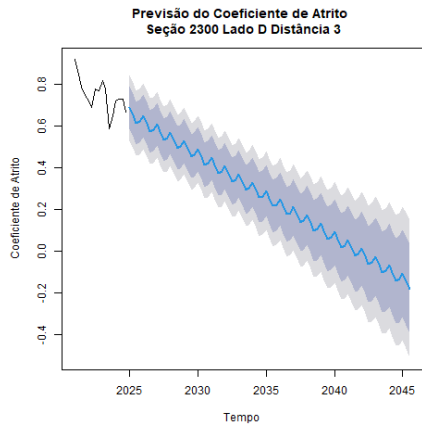
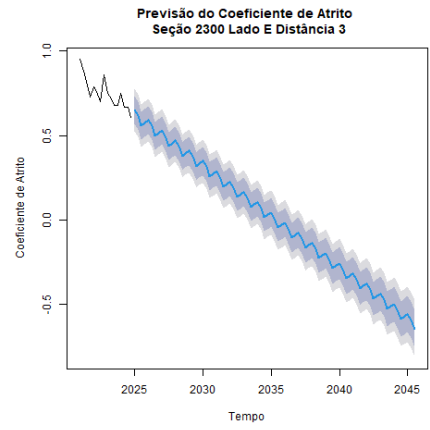
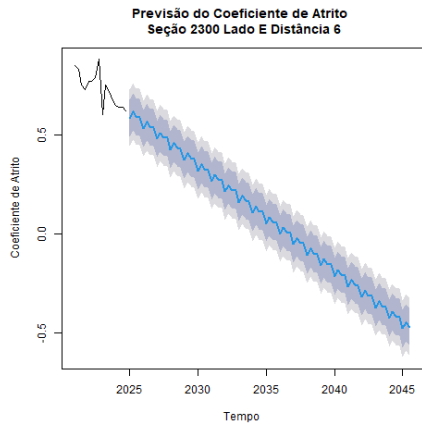
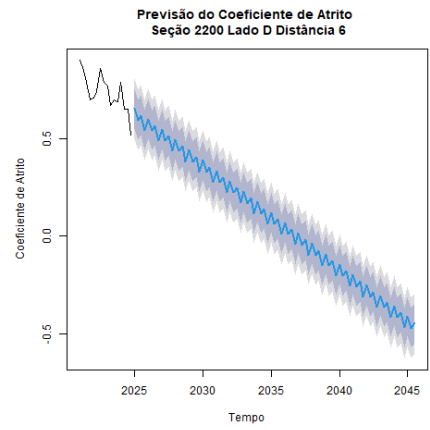
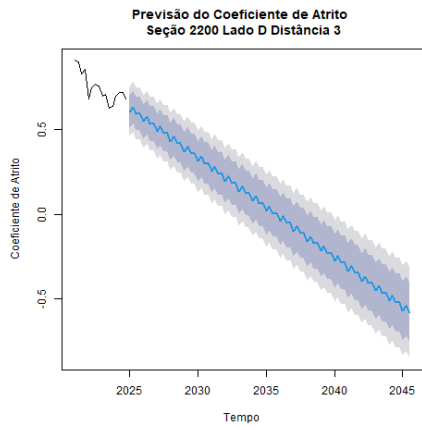


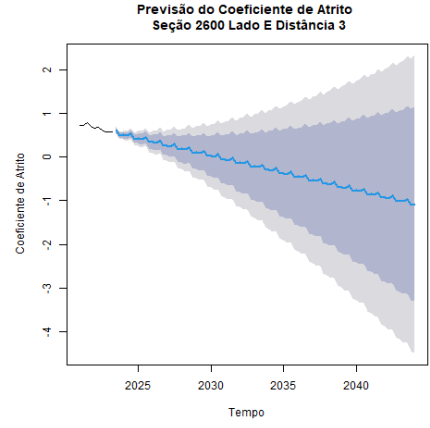
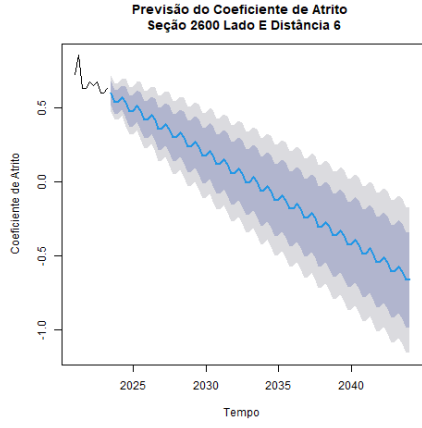
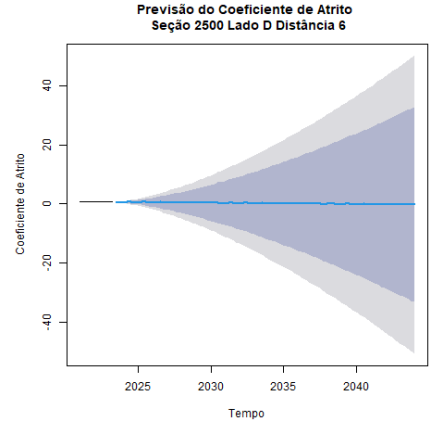
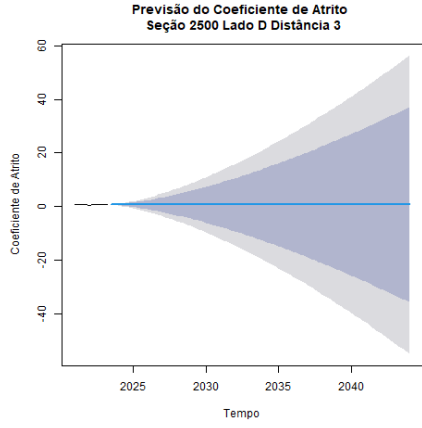
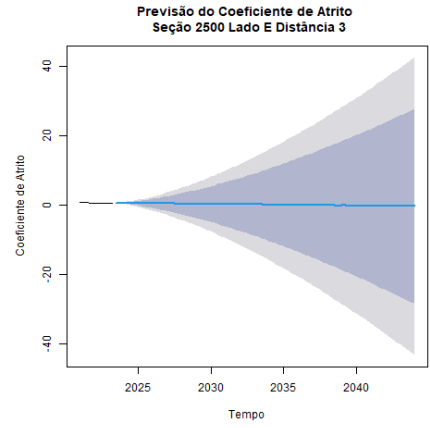
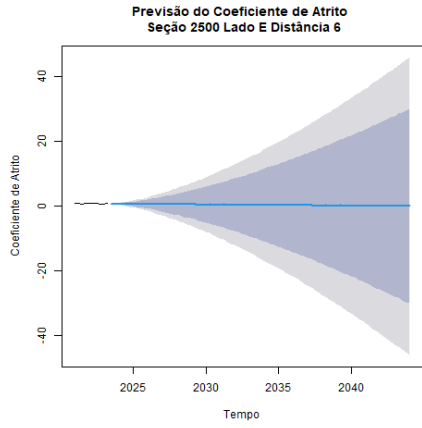
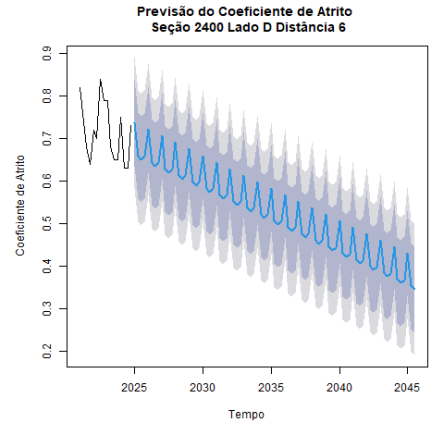
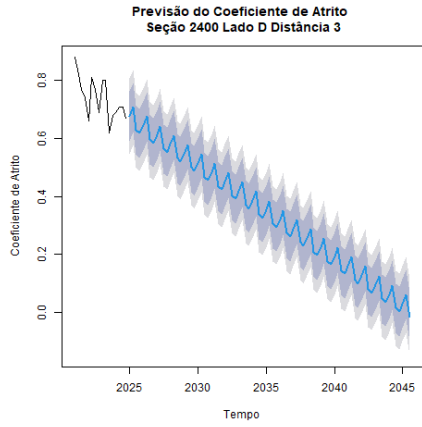


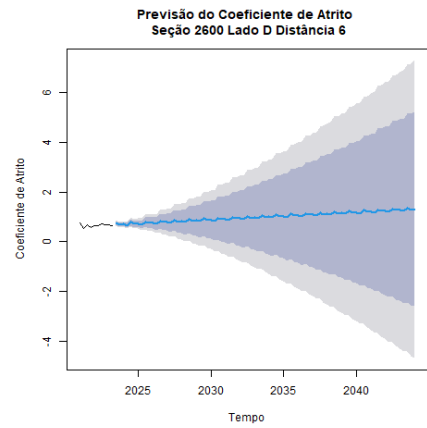
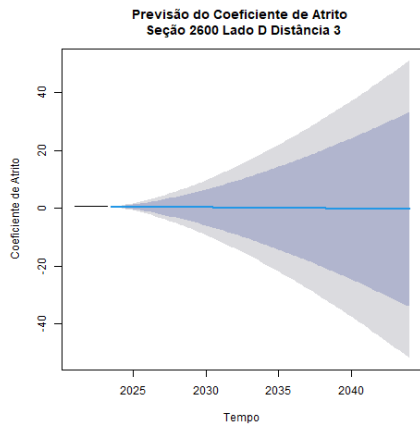




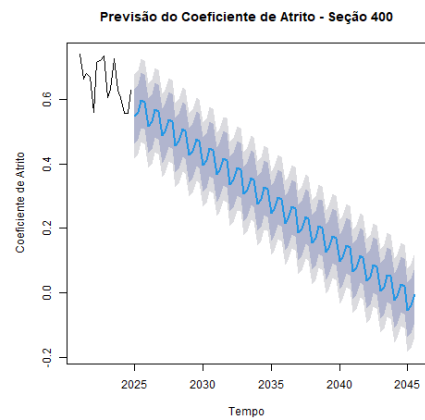
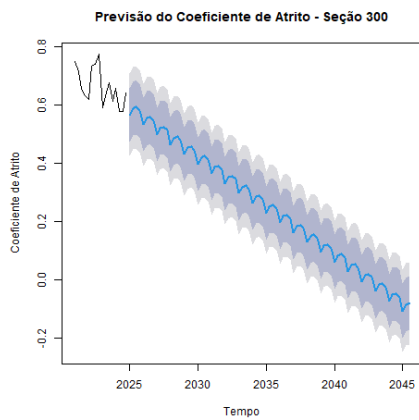
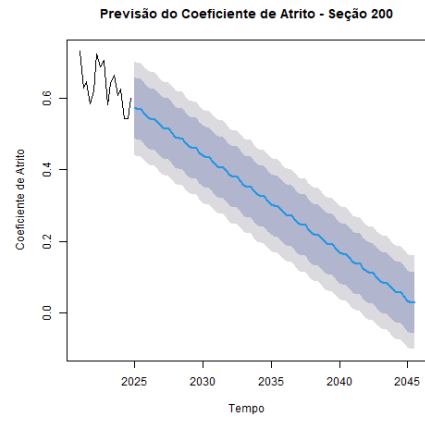
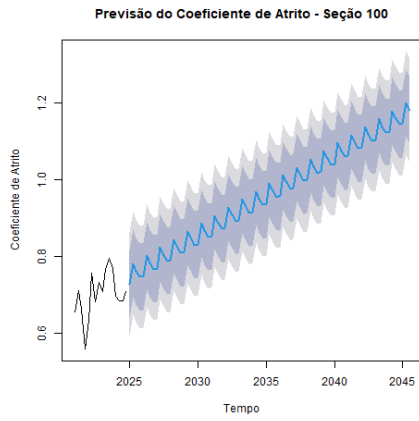


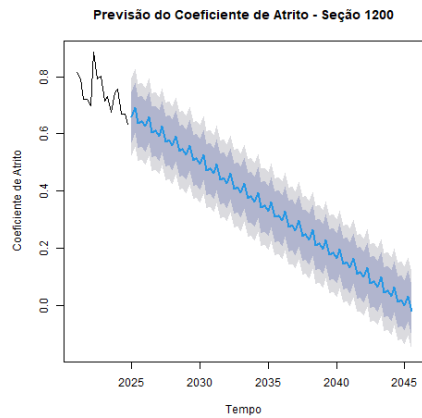
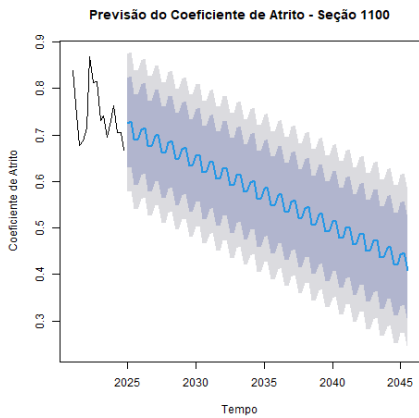
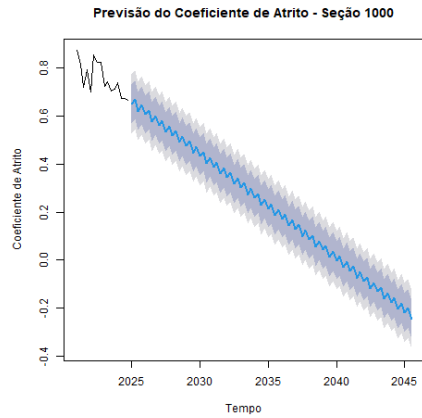
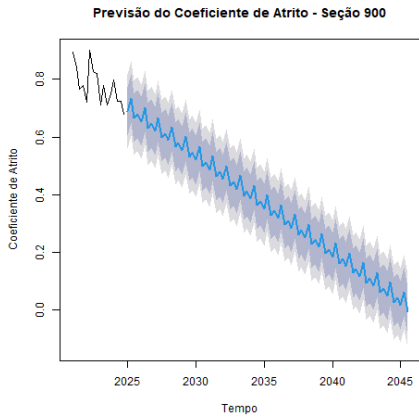
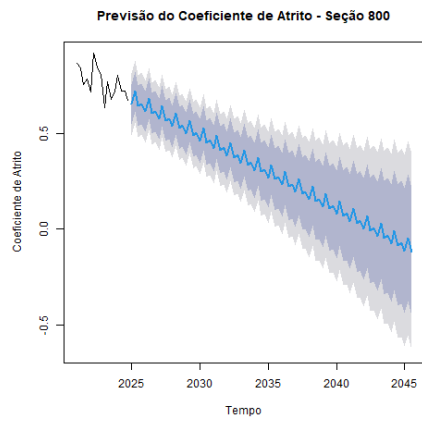
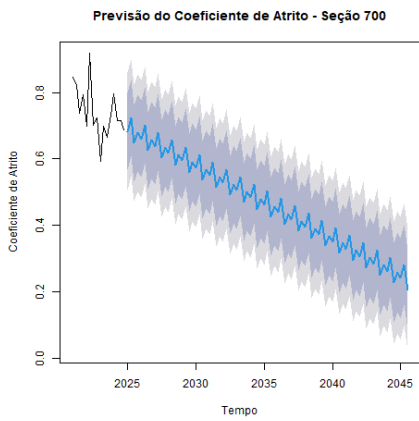
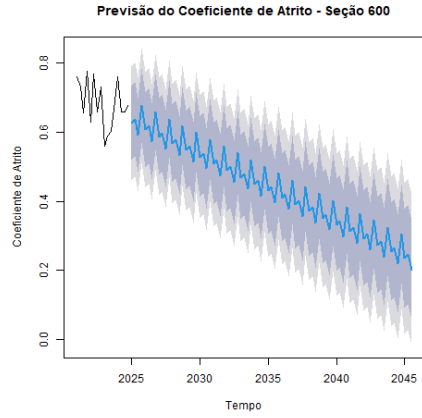
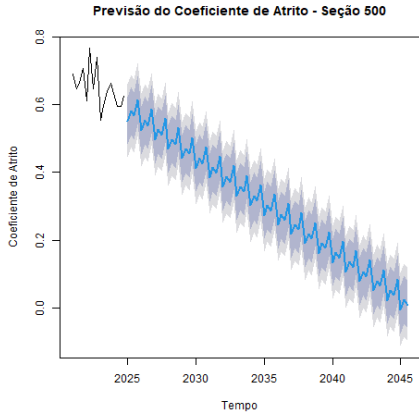




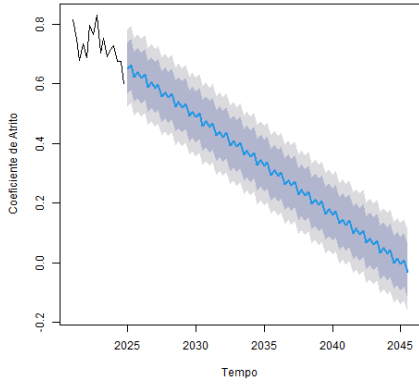


Modelo 2 (por seção / a cada 100 m)

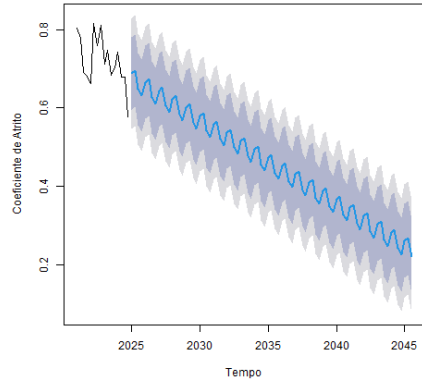




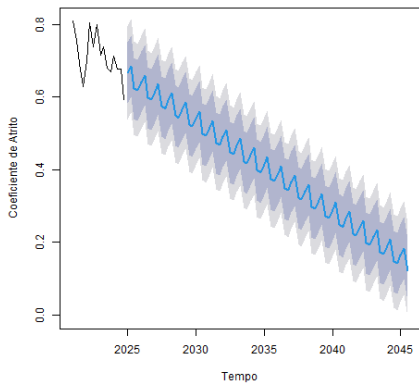
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1300



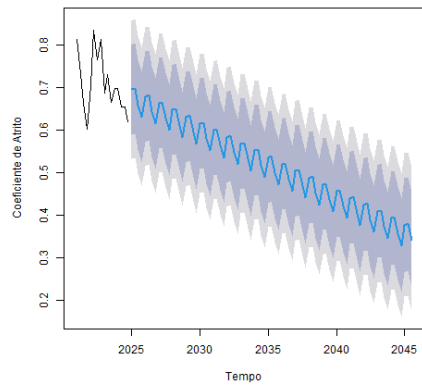
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1400



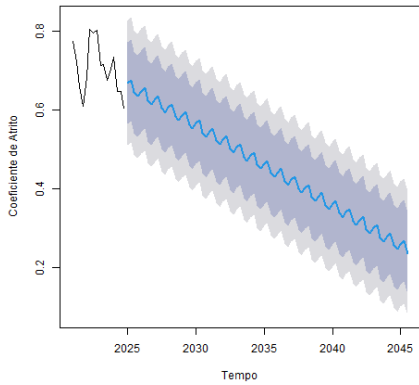
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1500



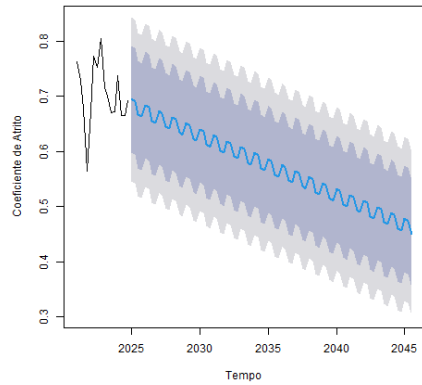
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1600



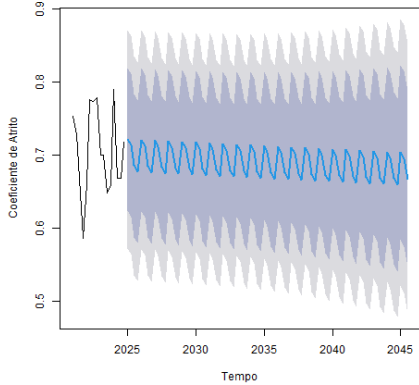
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1700



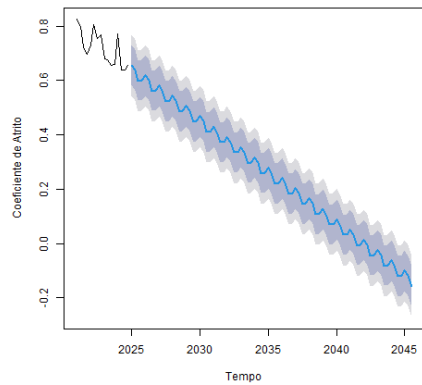
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1800



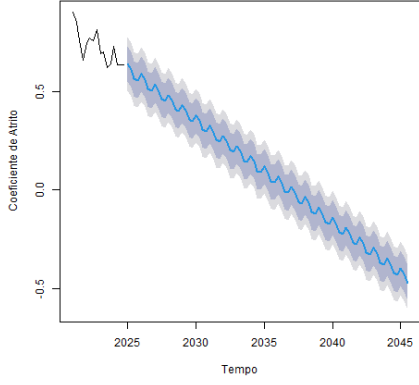
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1900



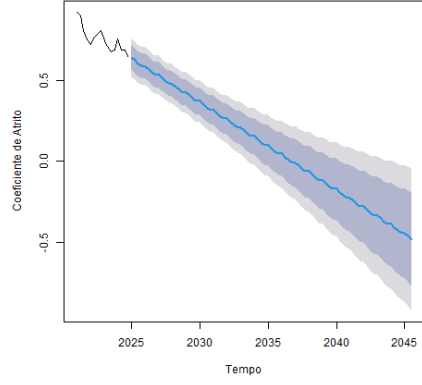
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2000



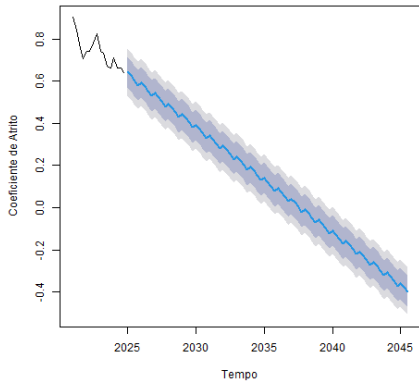
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2100



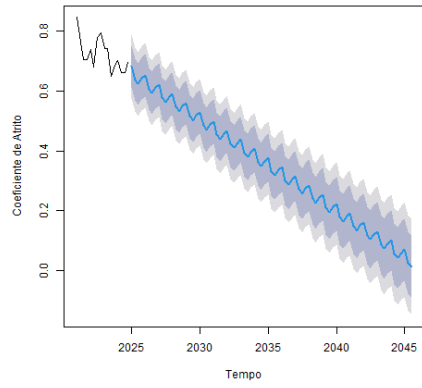
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2200



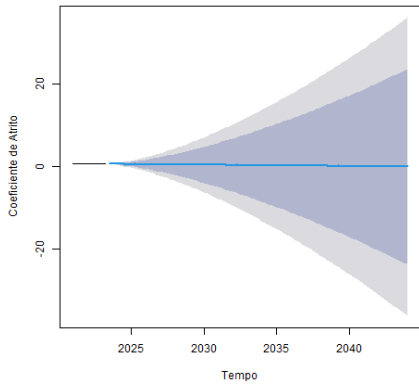
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2300



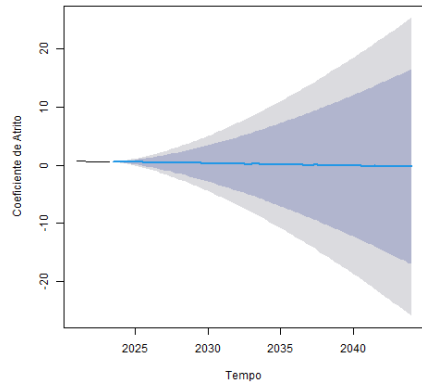
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2400



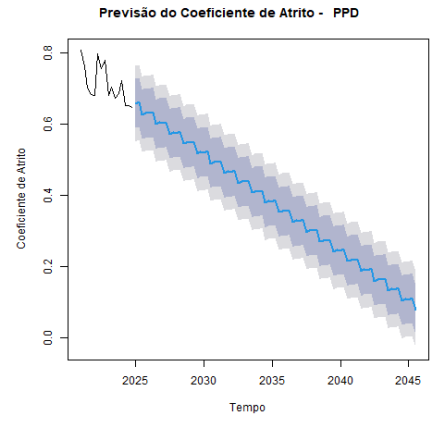
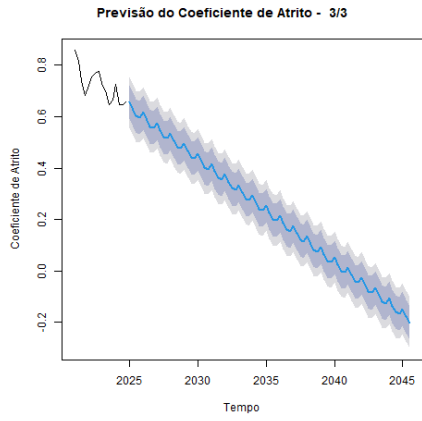
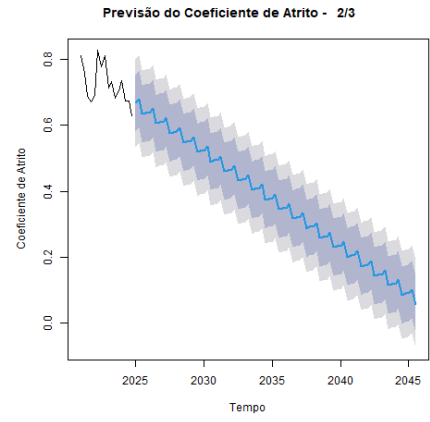
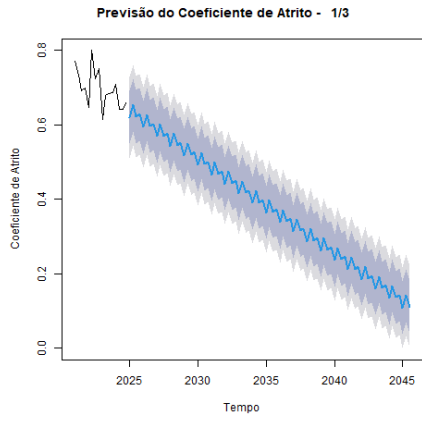
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2500



Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2600

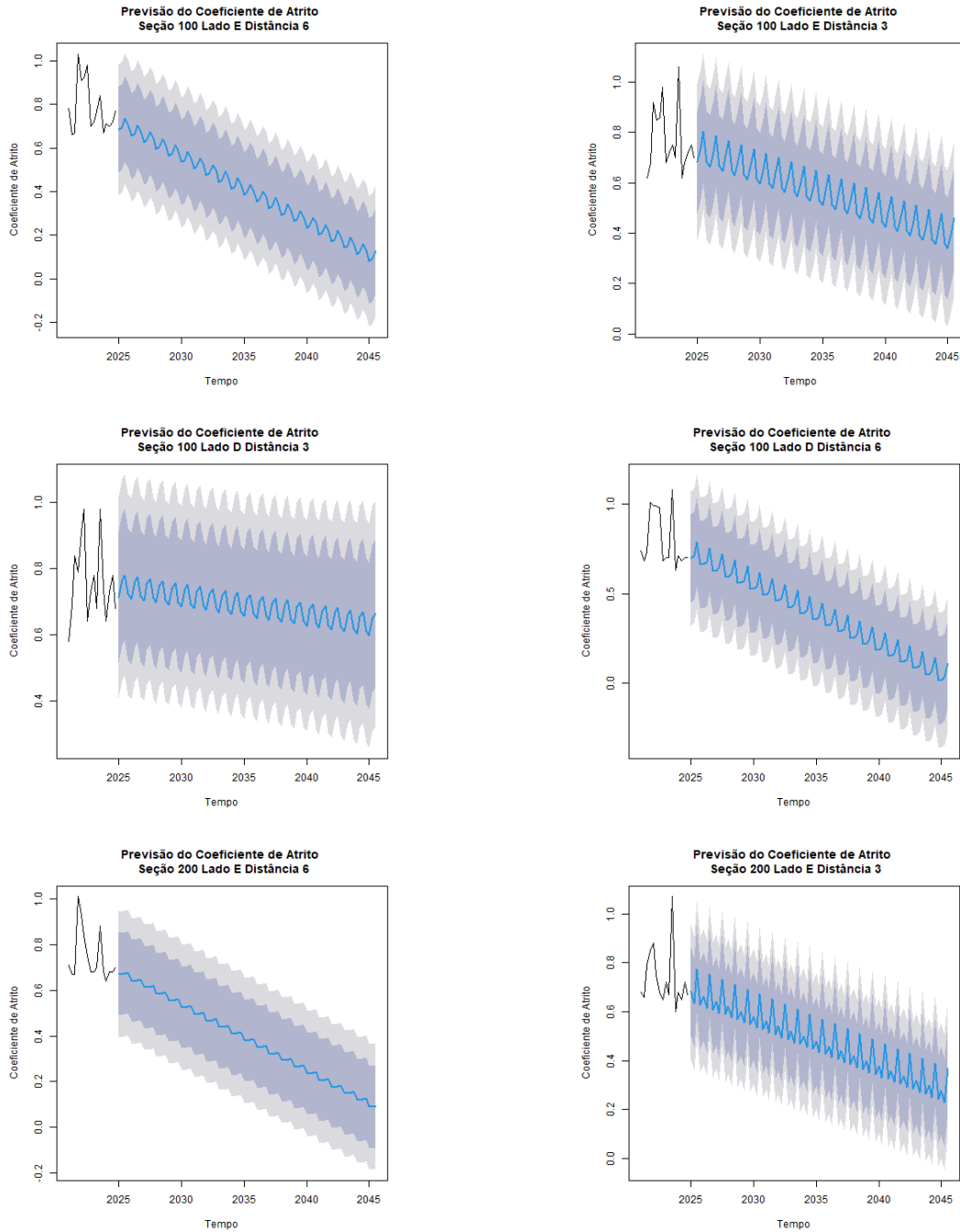


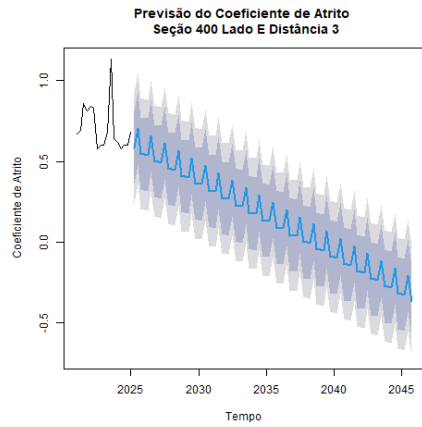
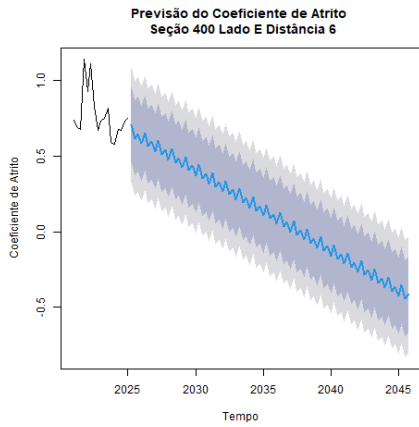
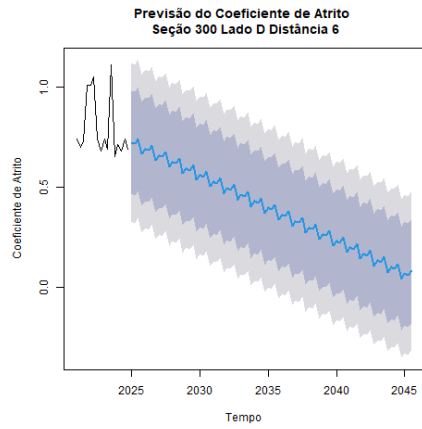
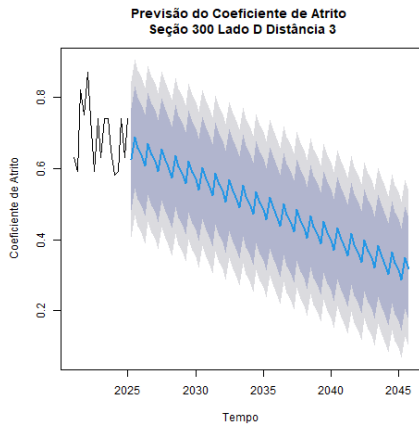
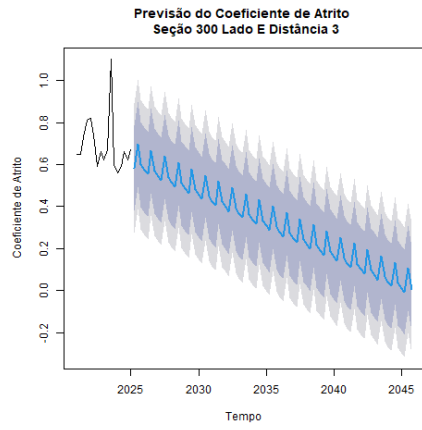
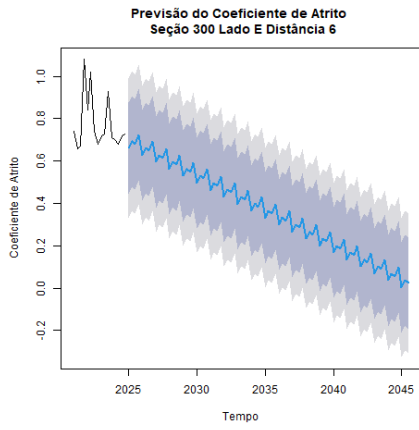
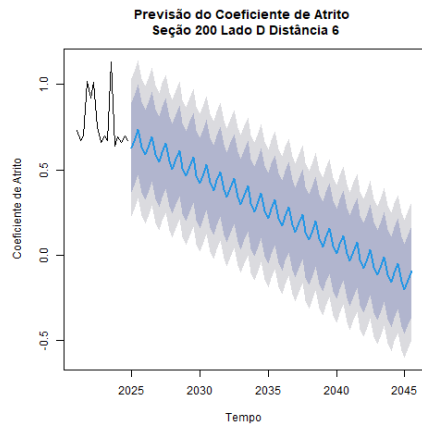
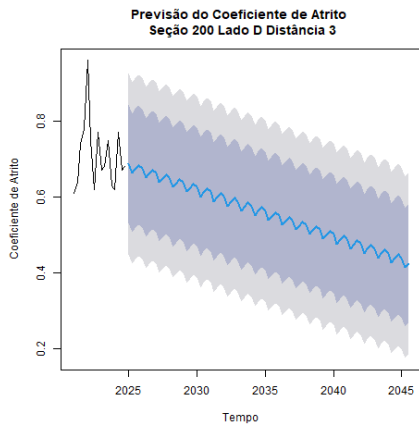
Modelo 3 (por terço) e Modelo 4 (PPD)

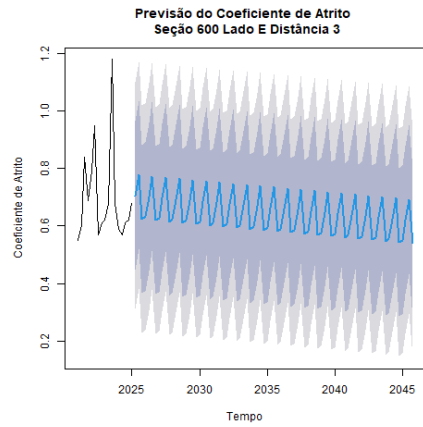
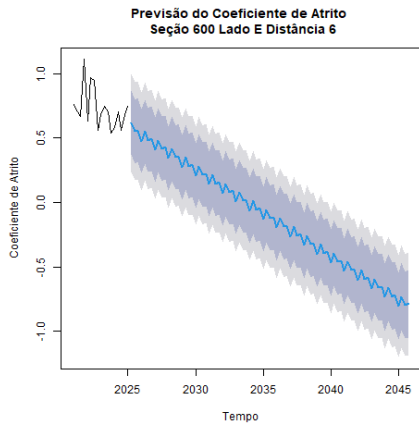
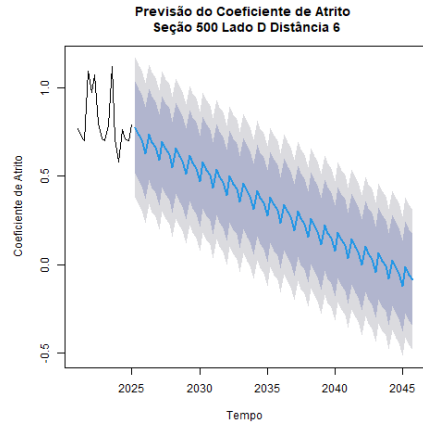
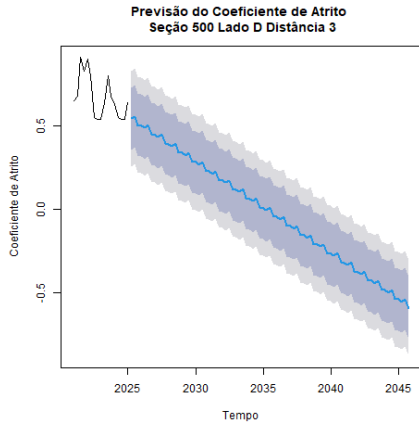
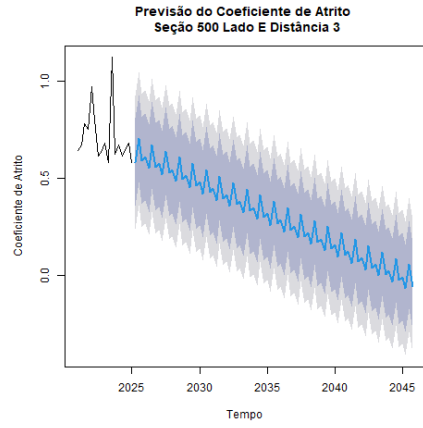
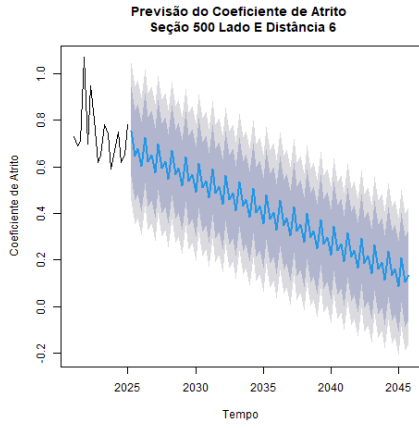
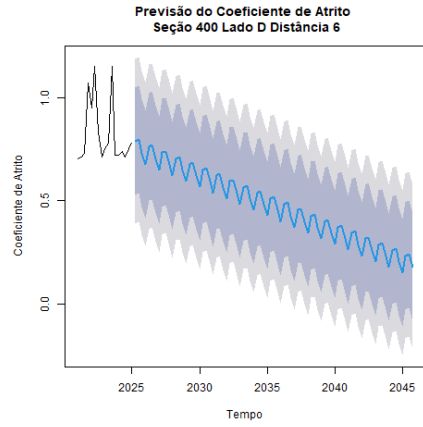
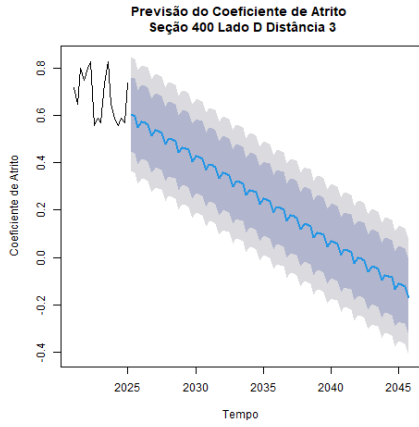


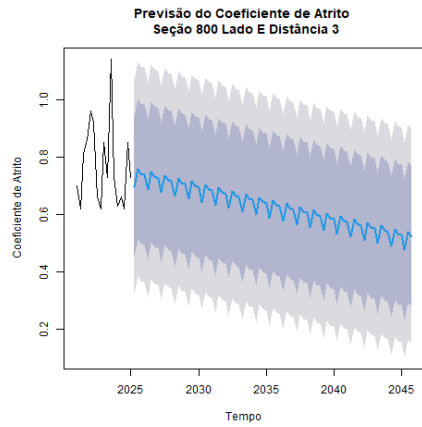
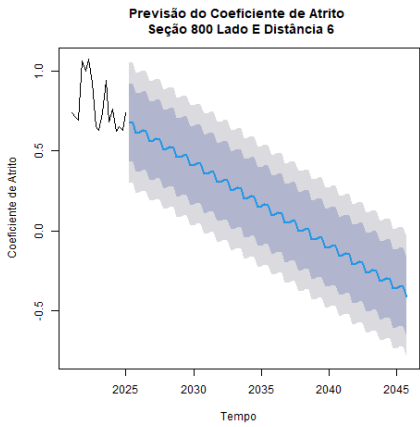
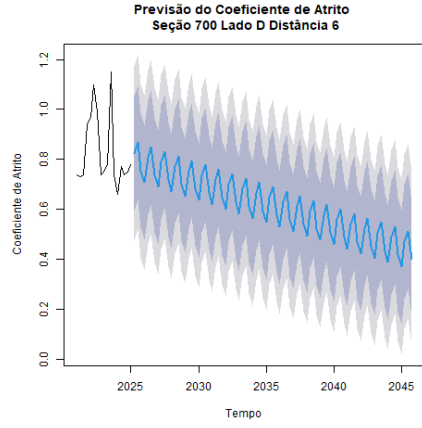
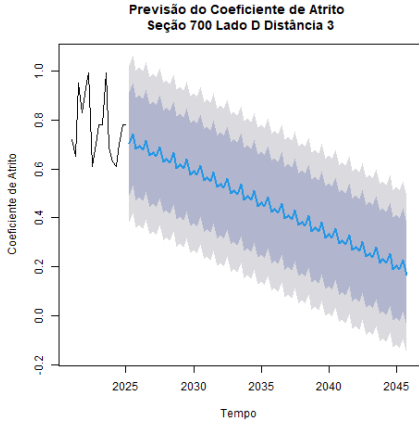
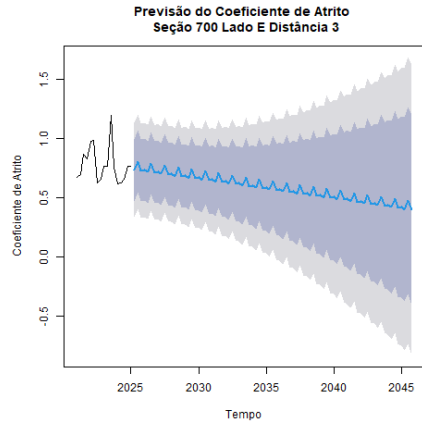
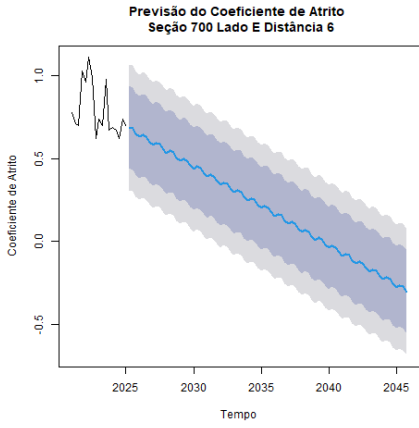
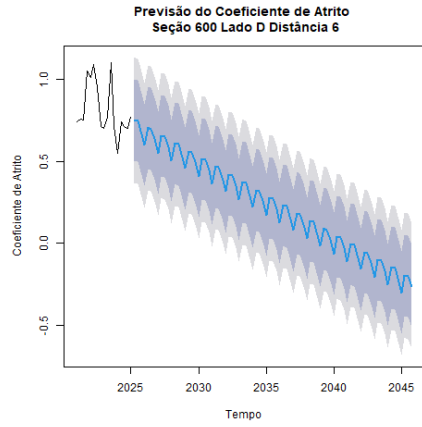
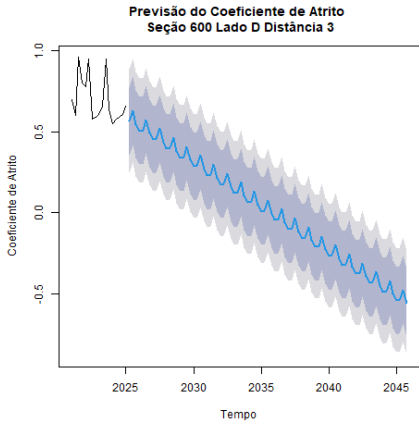
APÊNDICE C — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD B

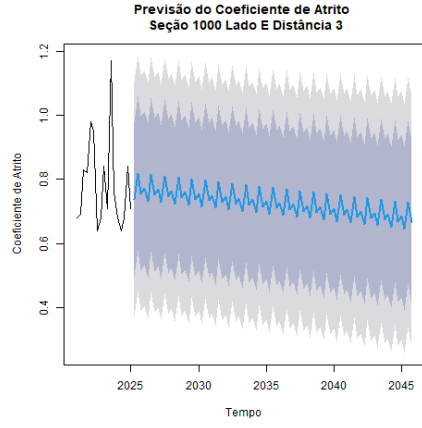
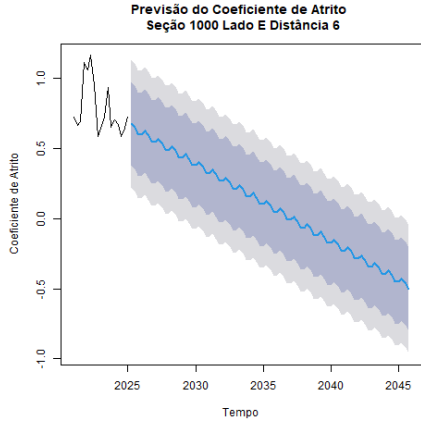
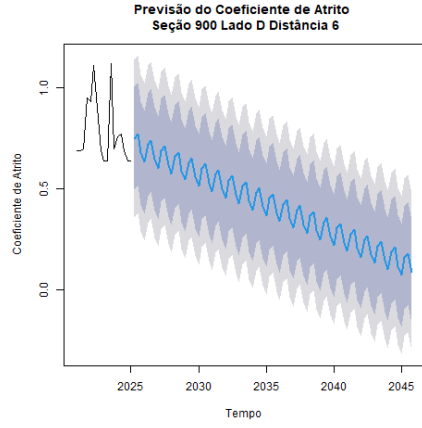
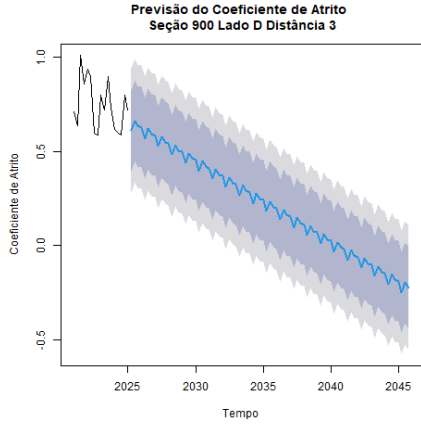
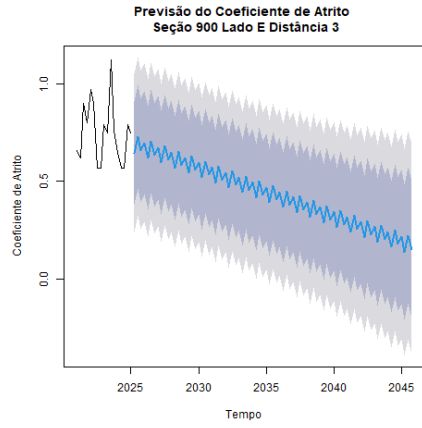
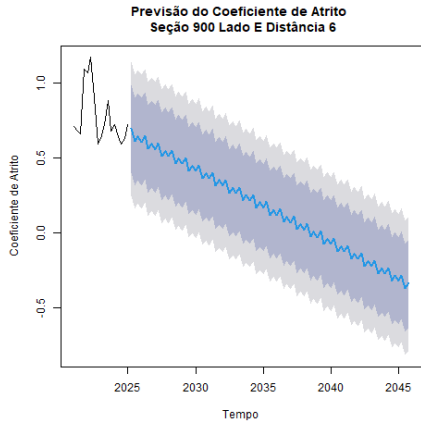
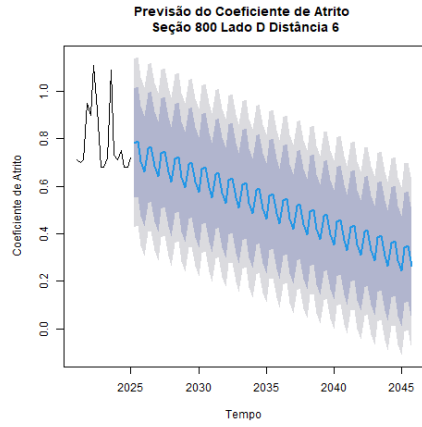
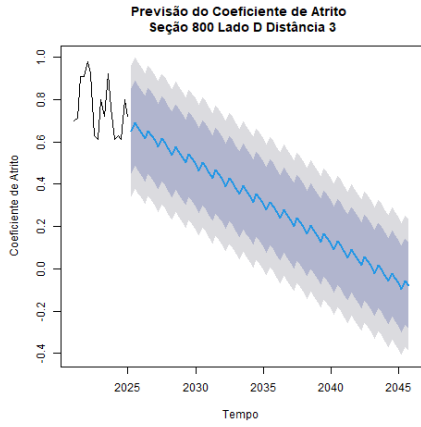
Modelo 1 (por ponto de levantamento/medição)

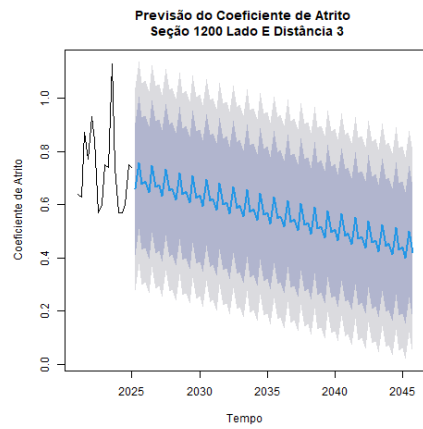
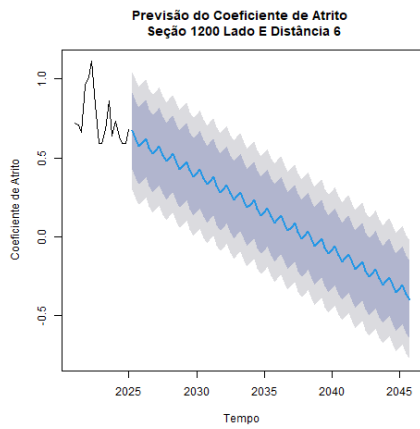
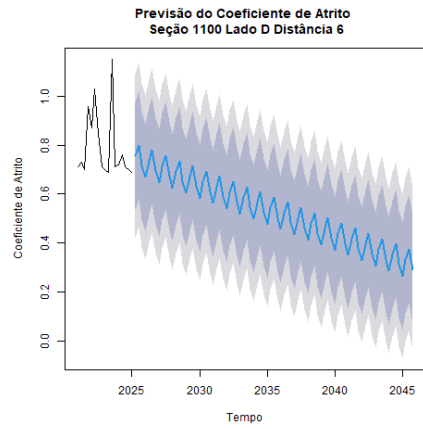
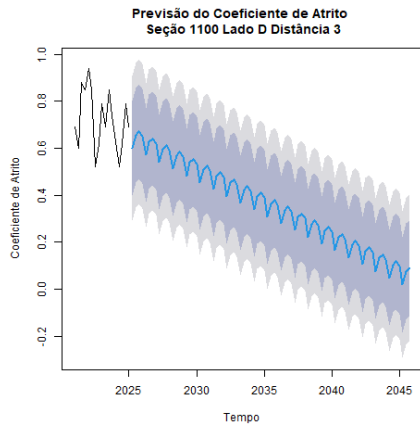
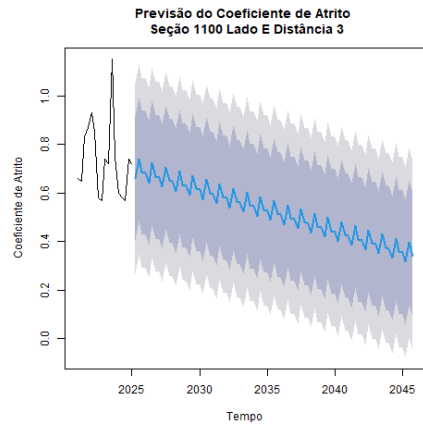
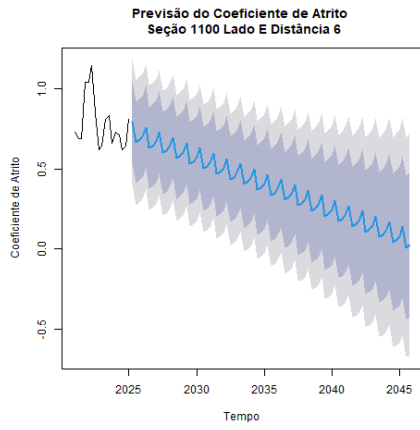
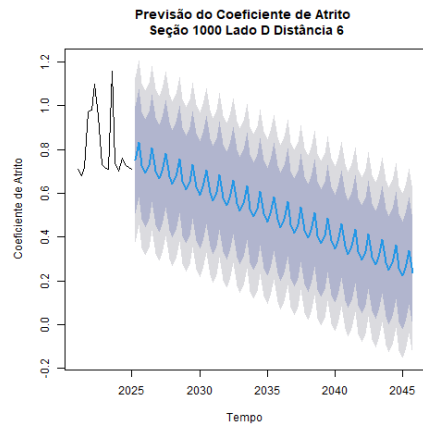
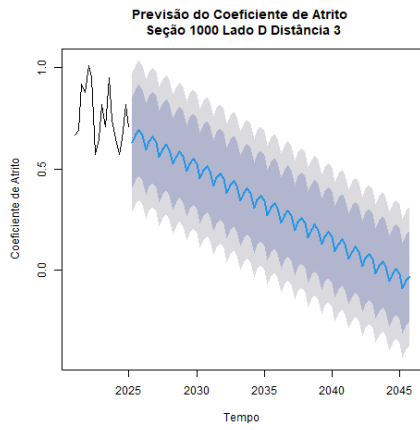


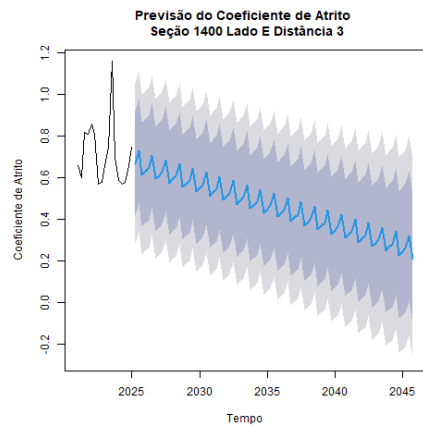
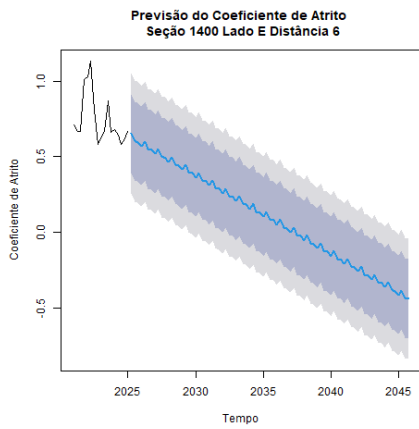
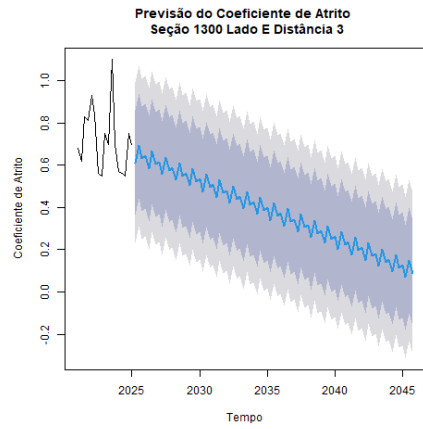
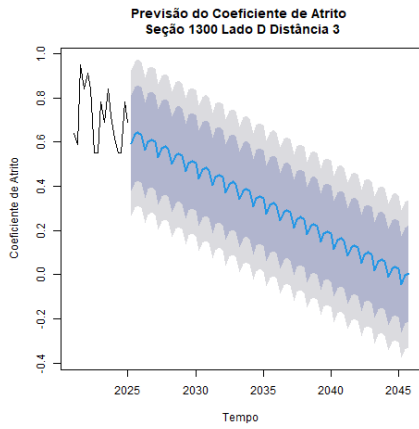
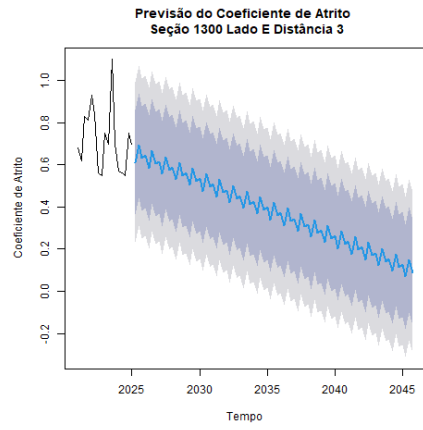
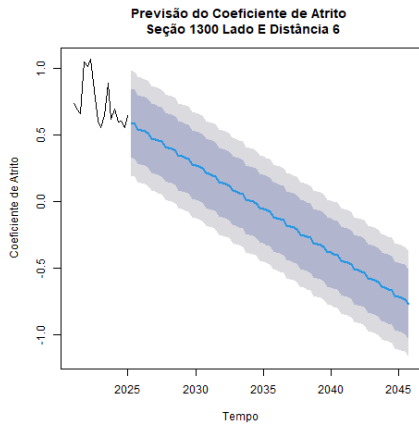
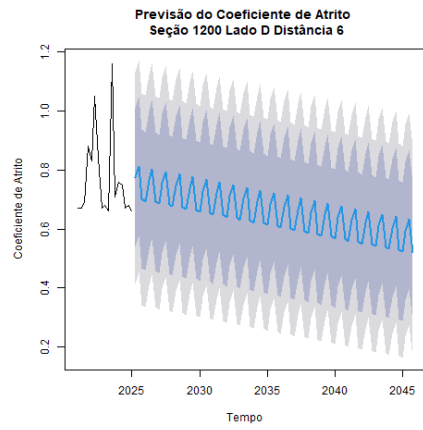
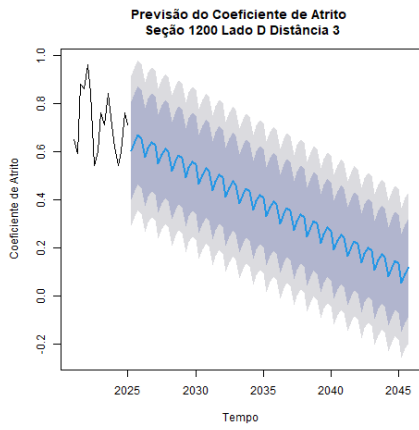


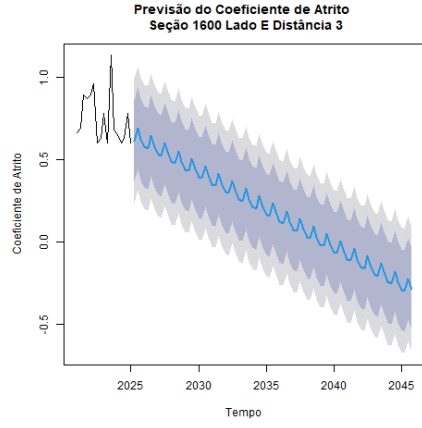
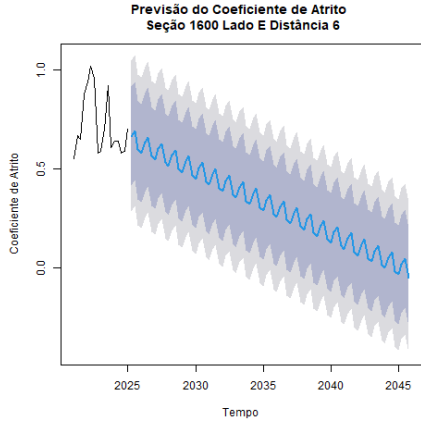
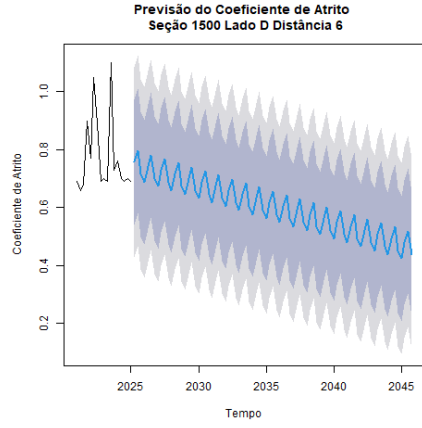
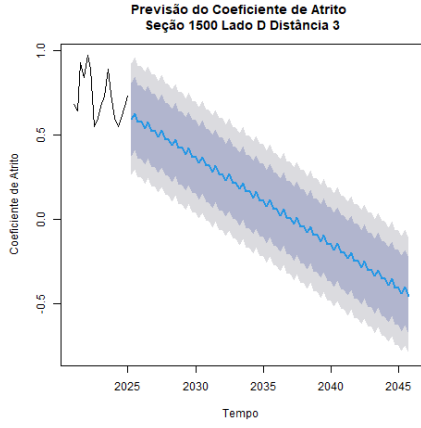
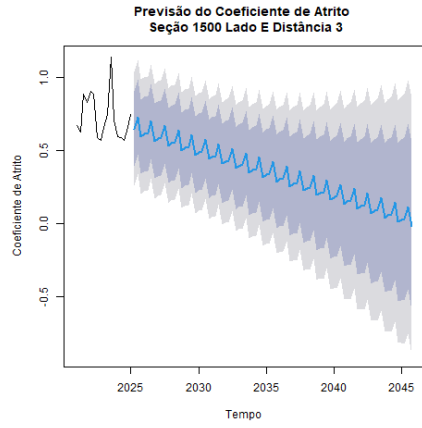
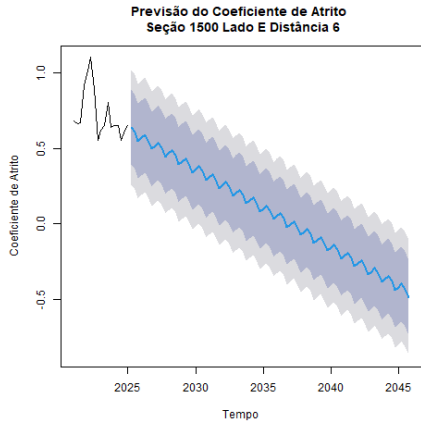
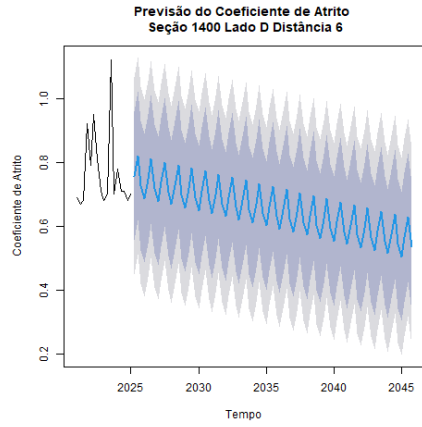
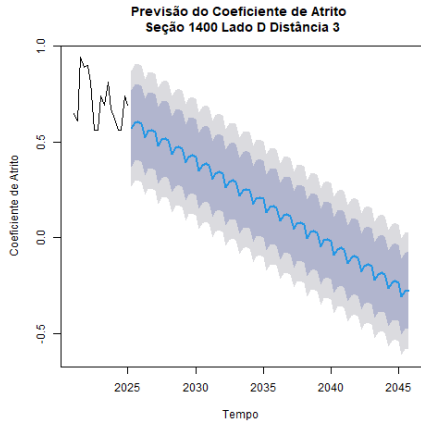


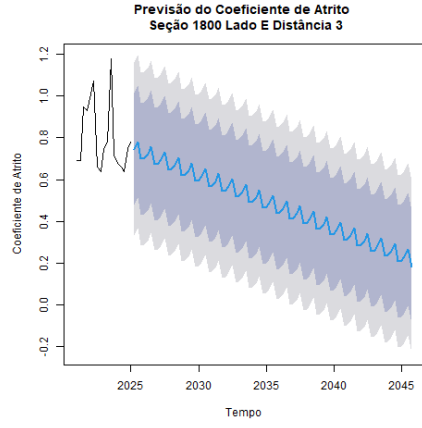
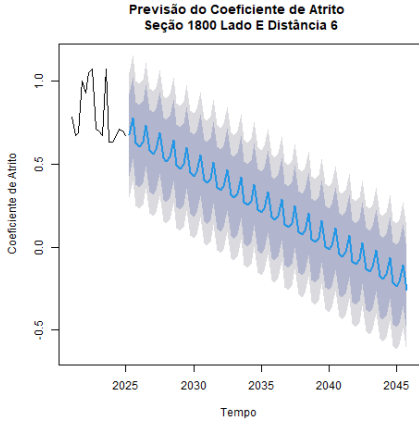
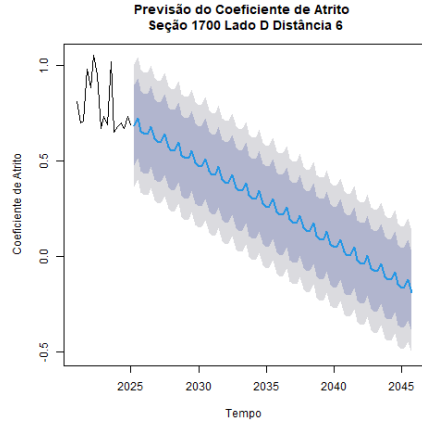
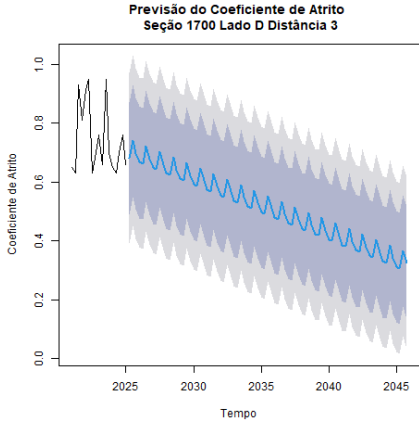
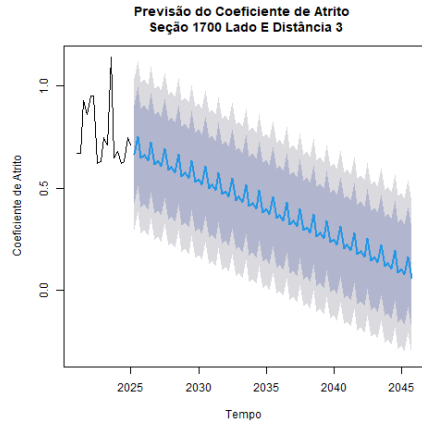
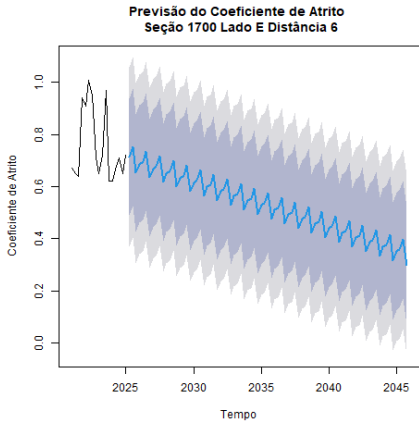
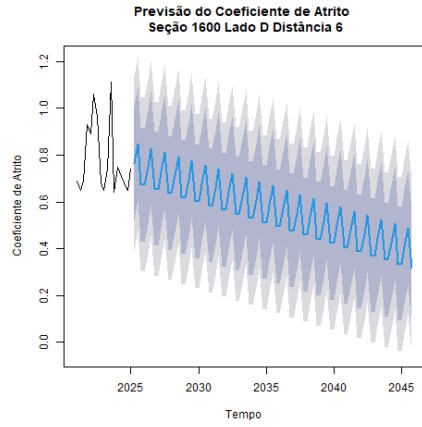
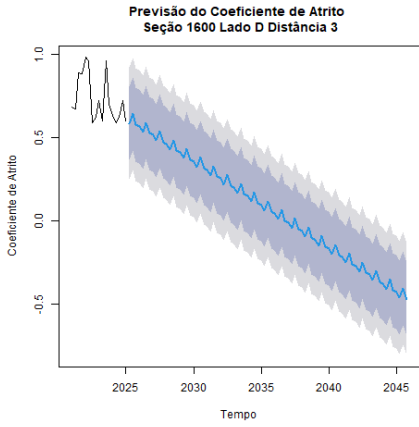


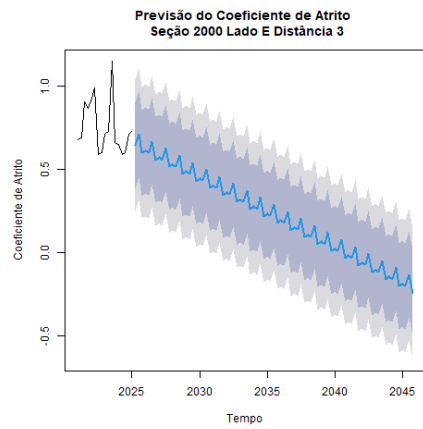
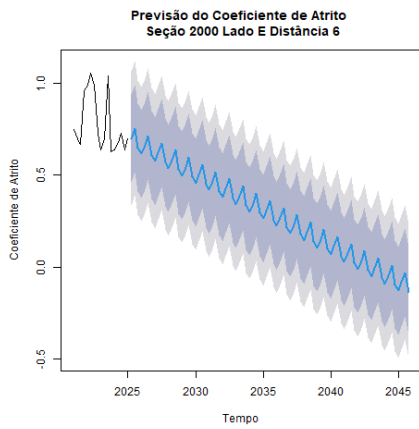
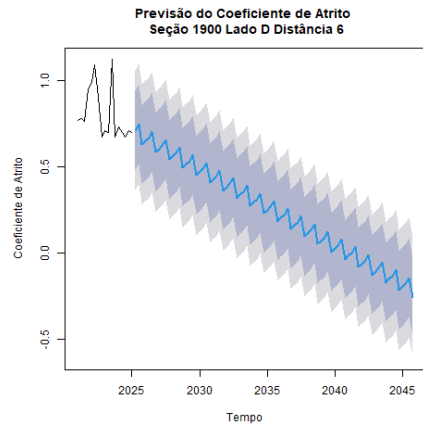
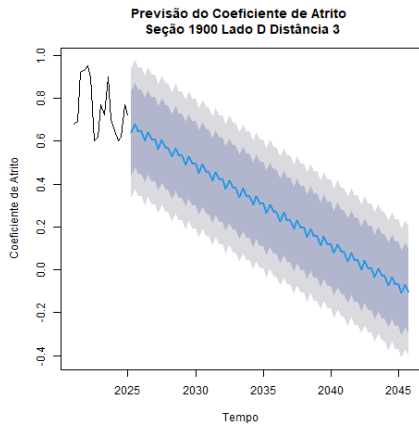
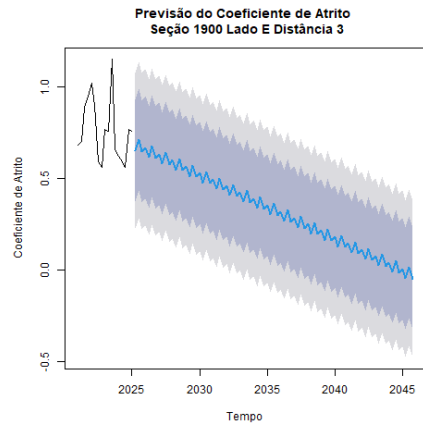
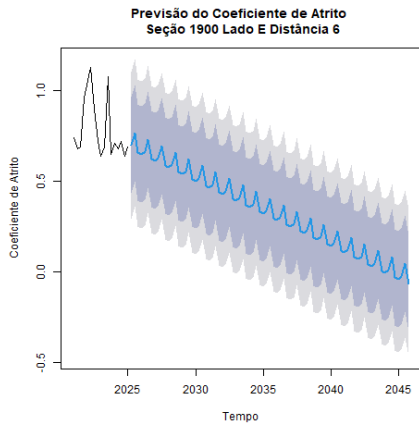
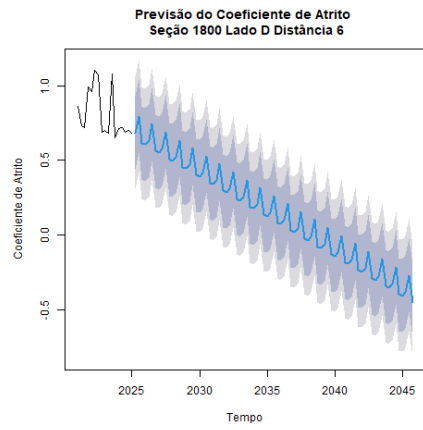
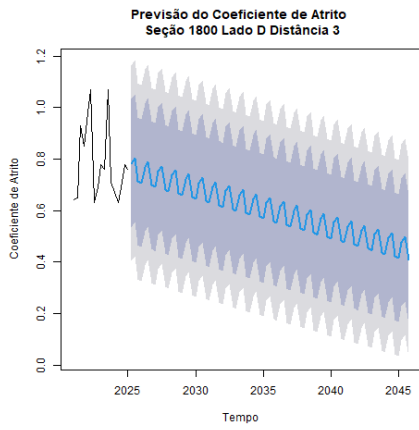


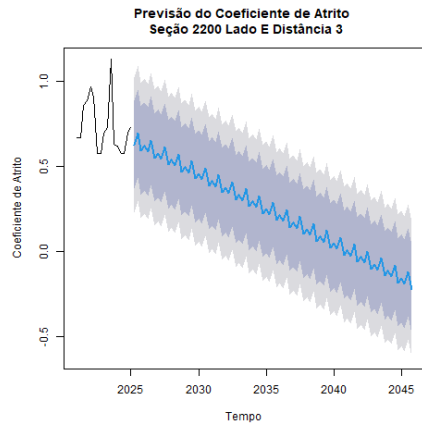
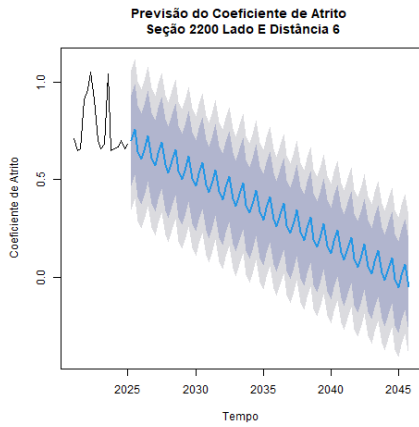
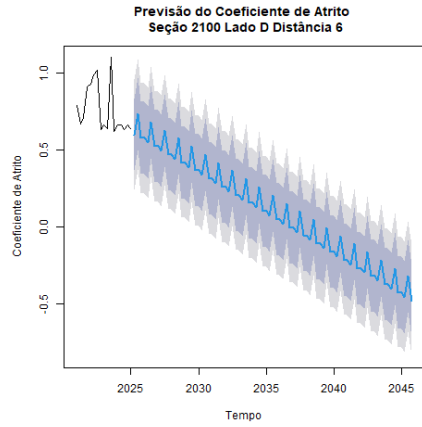
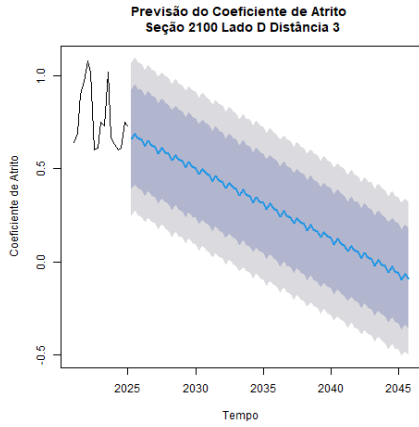
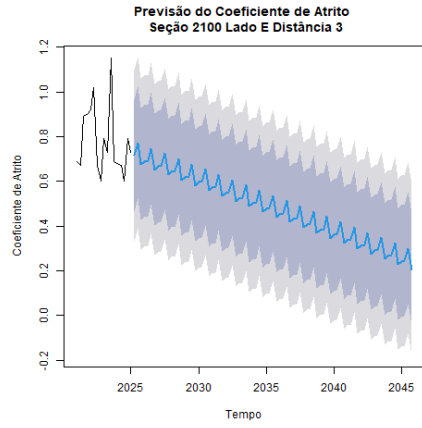
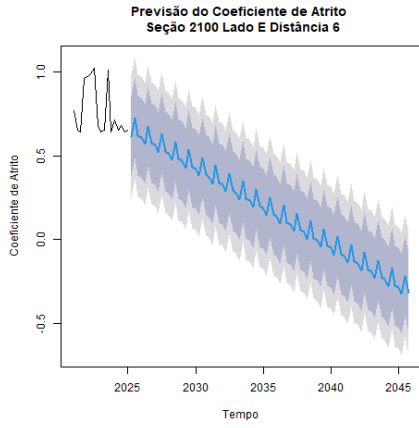
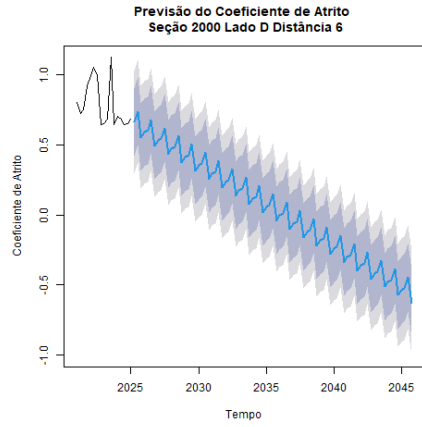
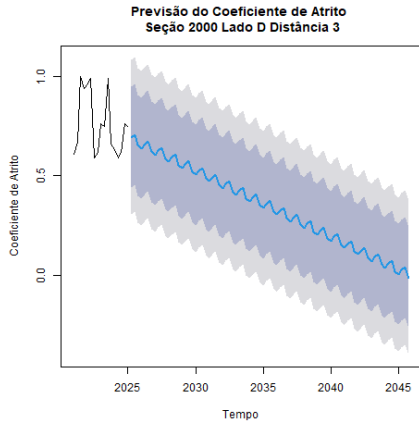


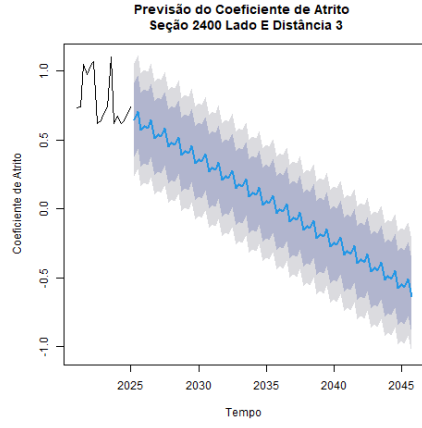
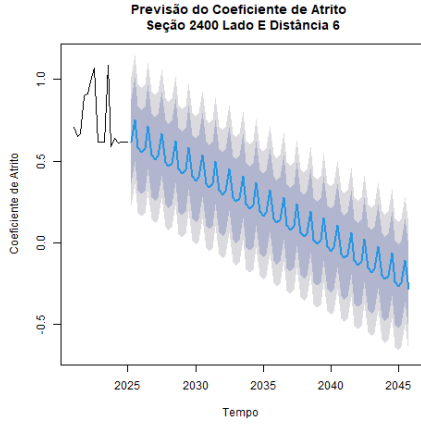
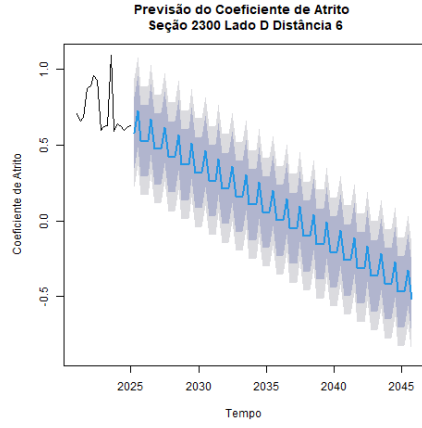
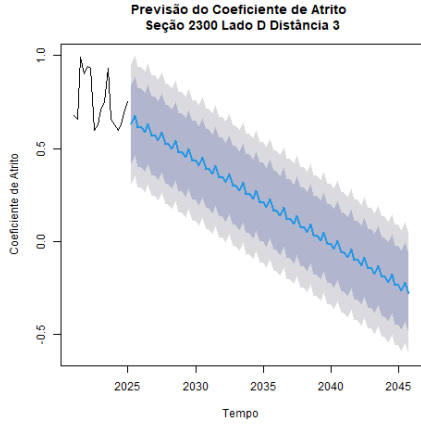
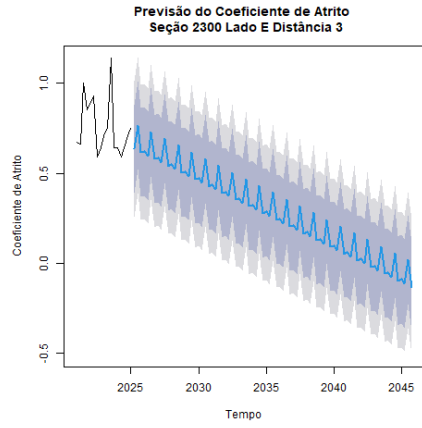
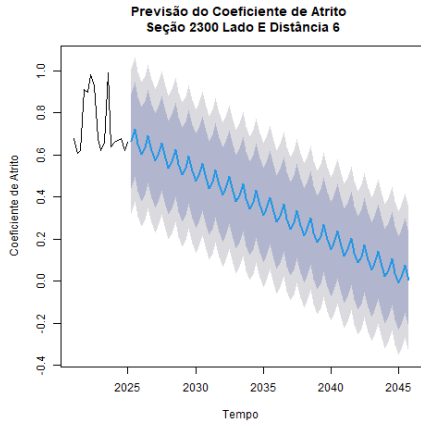
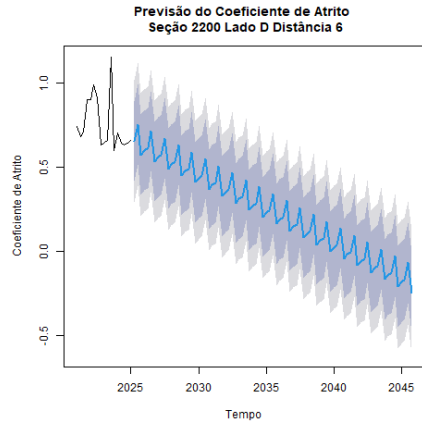
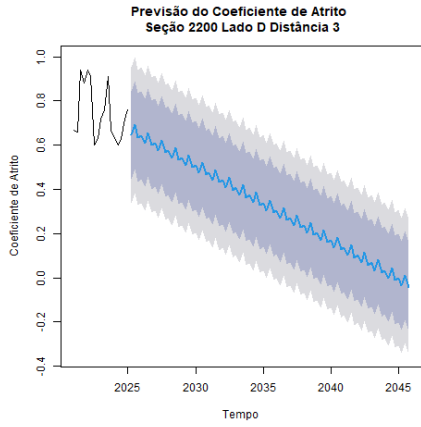


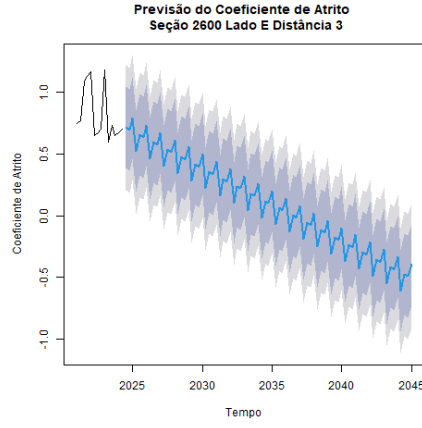
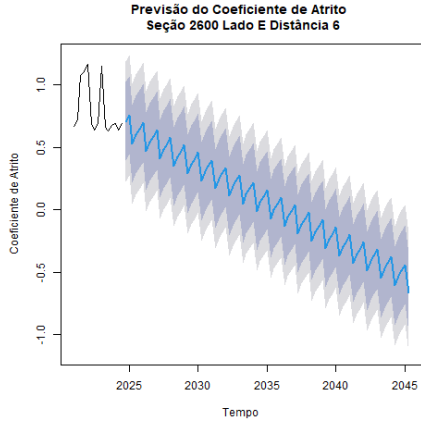
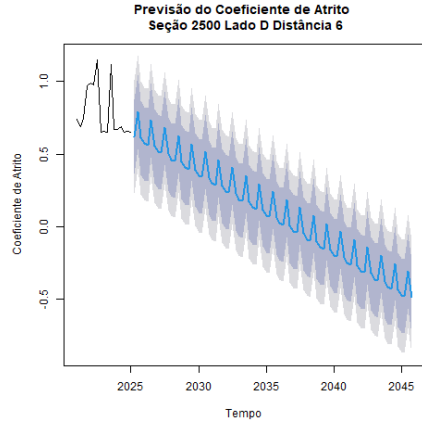
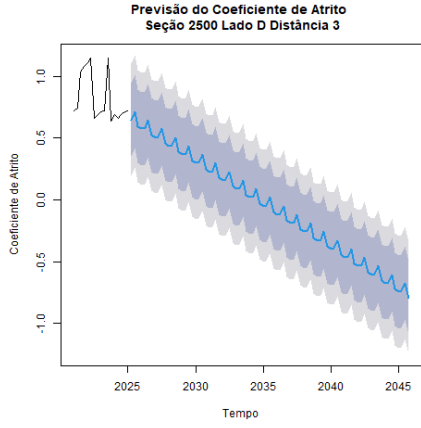
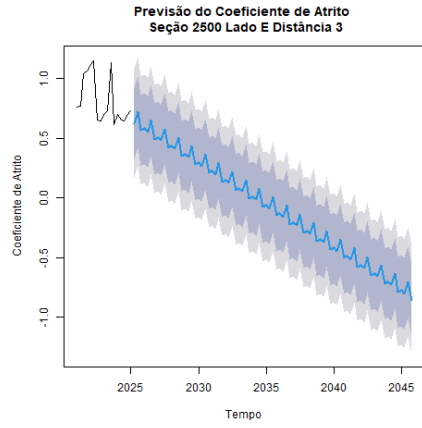
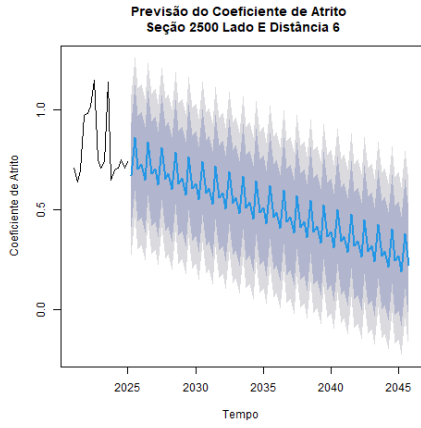
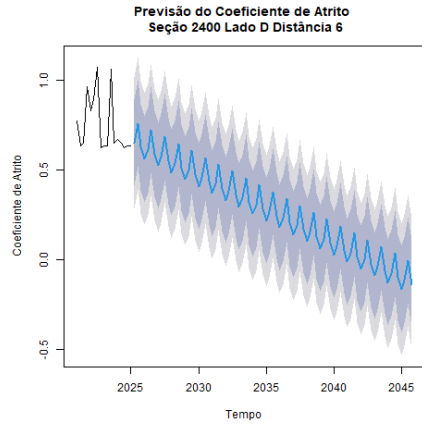
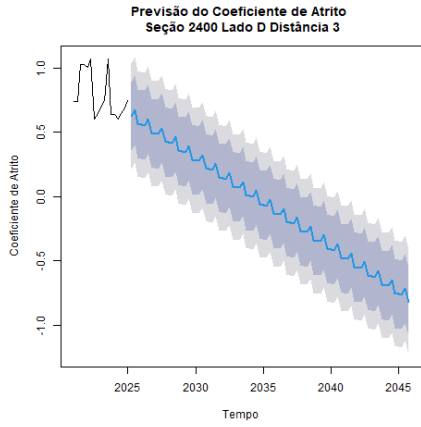


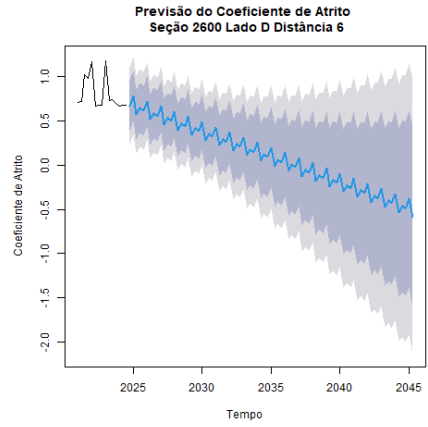
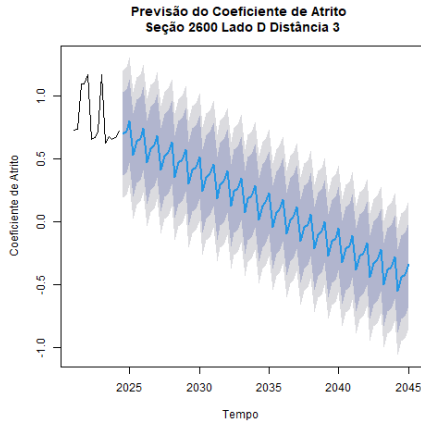




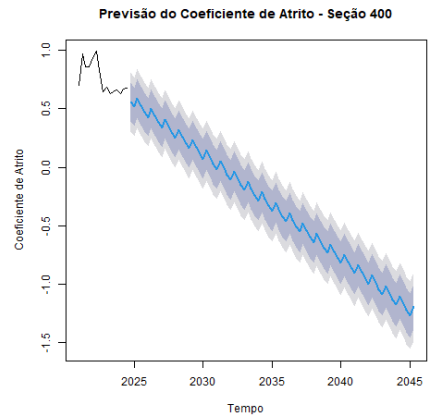
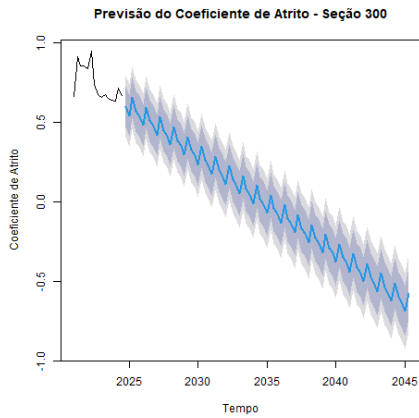
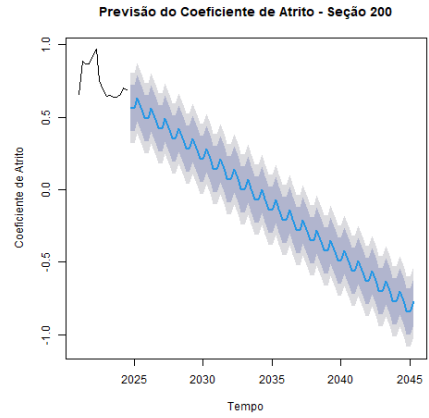
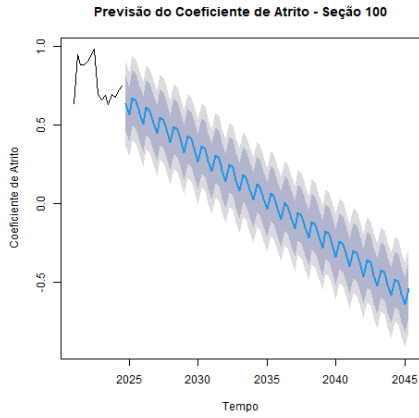




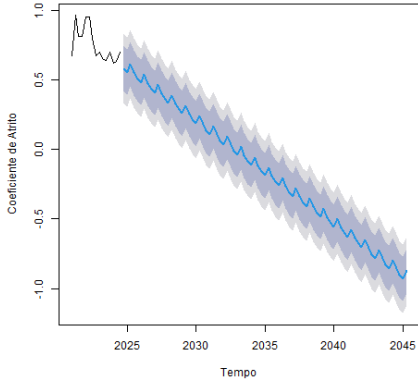




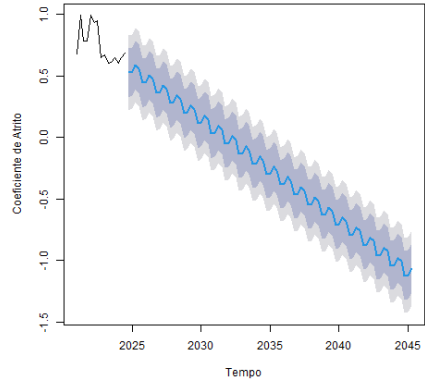
Modelo 2 (por seção / a cada 100 m)



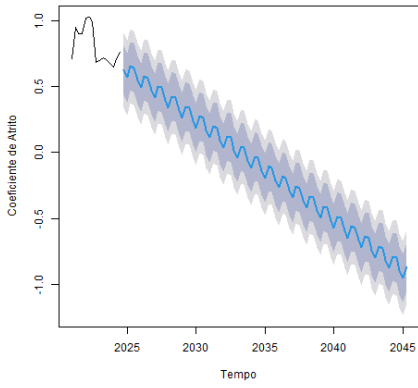
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 500



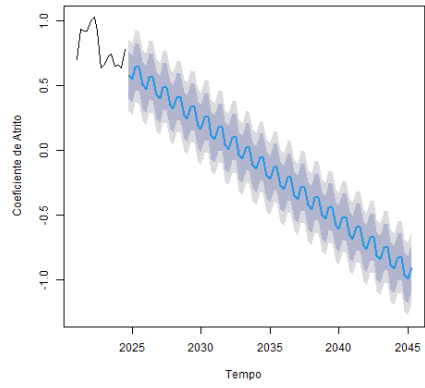
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 600



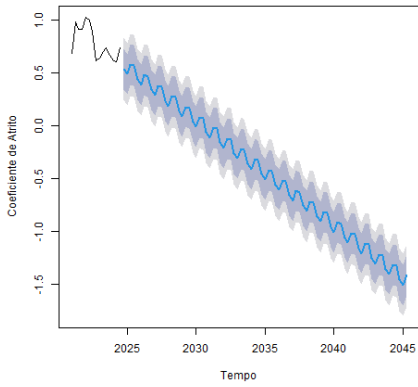
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 700



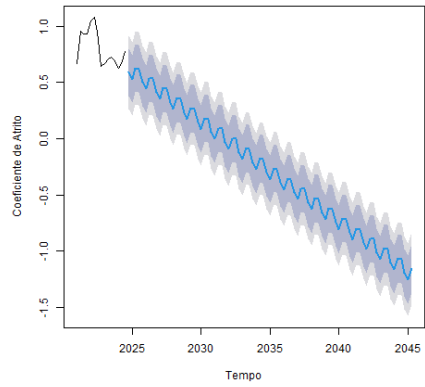
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 800



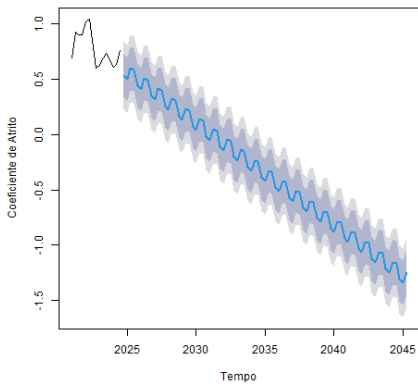
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 900



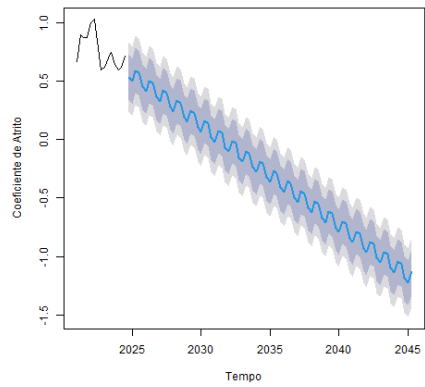
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1000



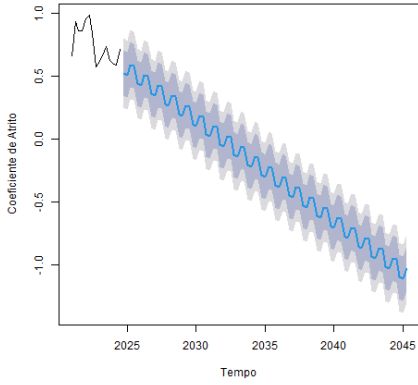
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1100



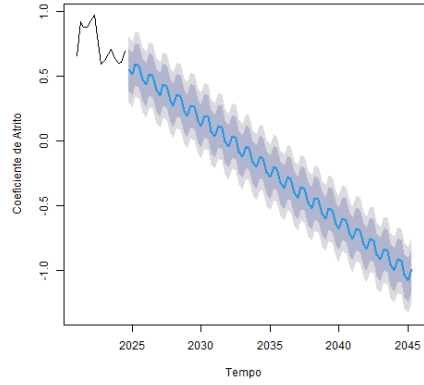
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1200



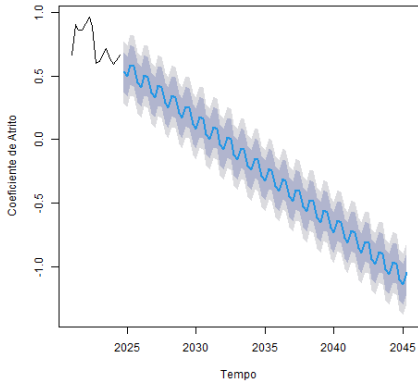
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1300



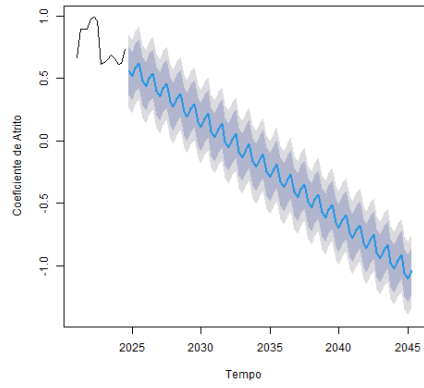
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1400



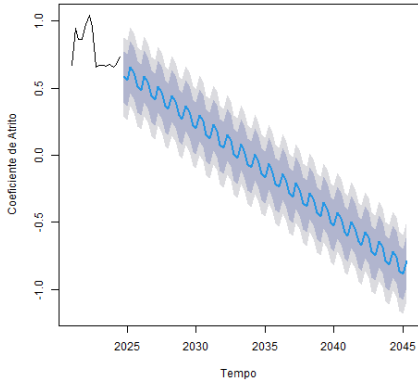
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1500



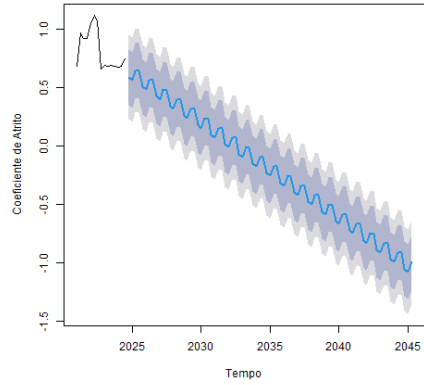
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1600



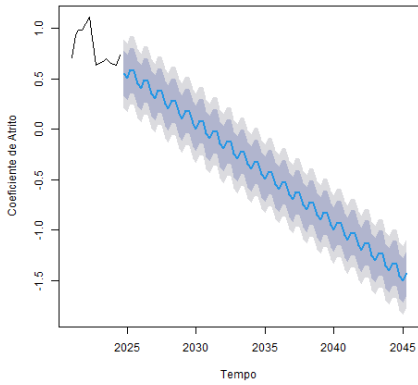
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1700



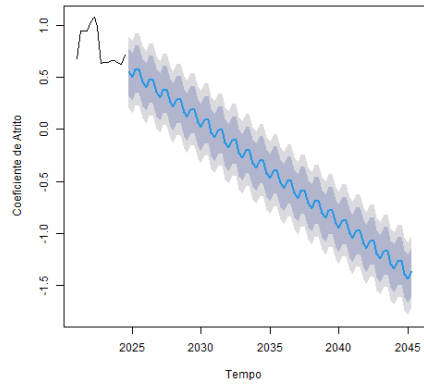
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1800



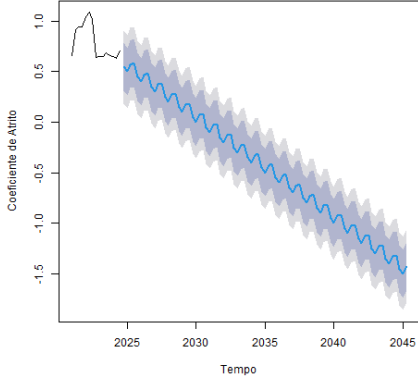
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 1900



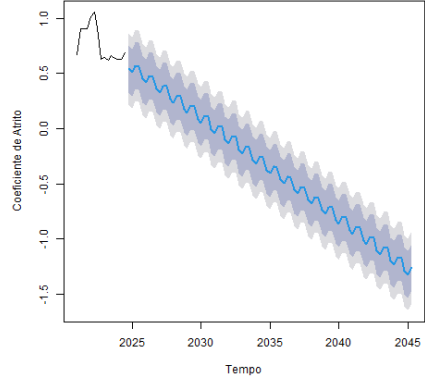
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2000



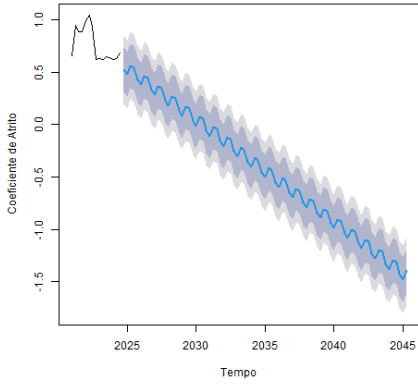
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2100



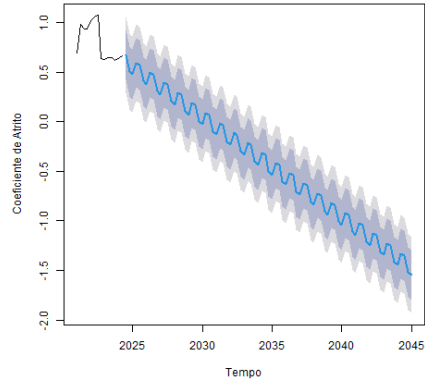
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2200



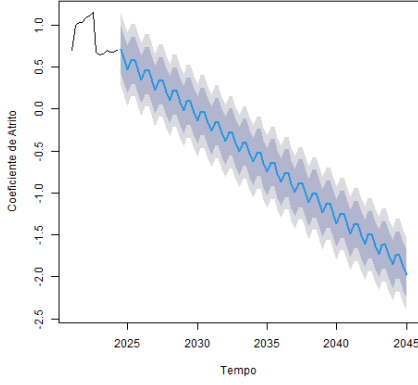
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2300



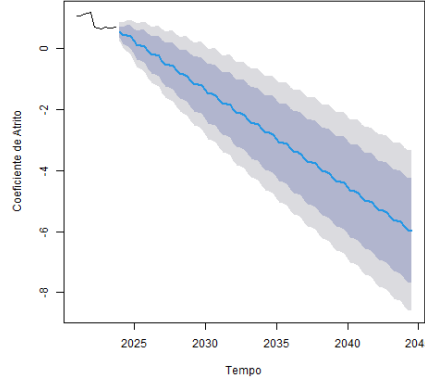
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2400



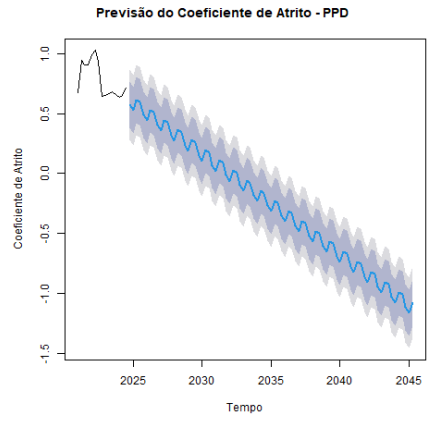
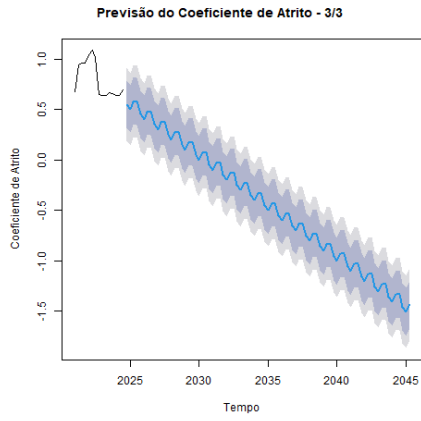
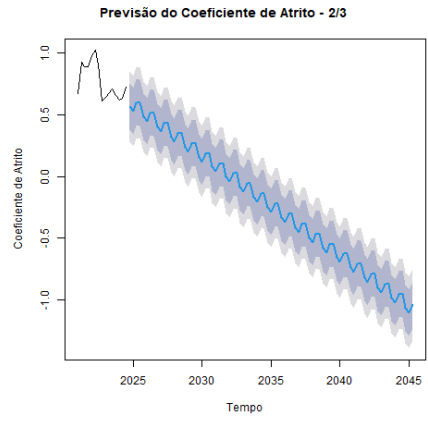
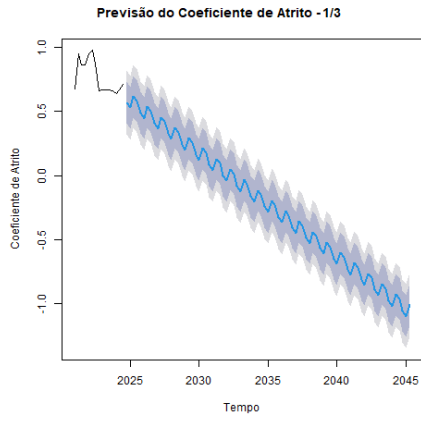
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2500

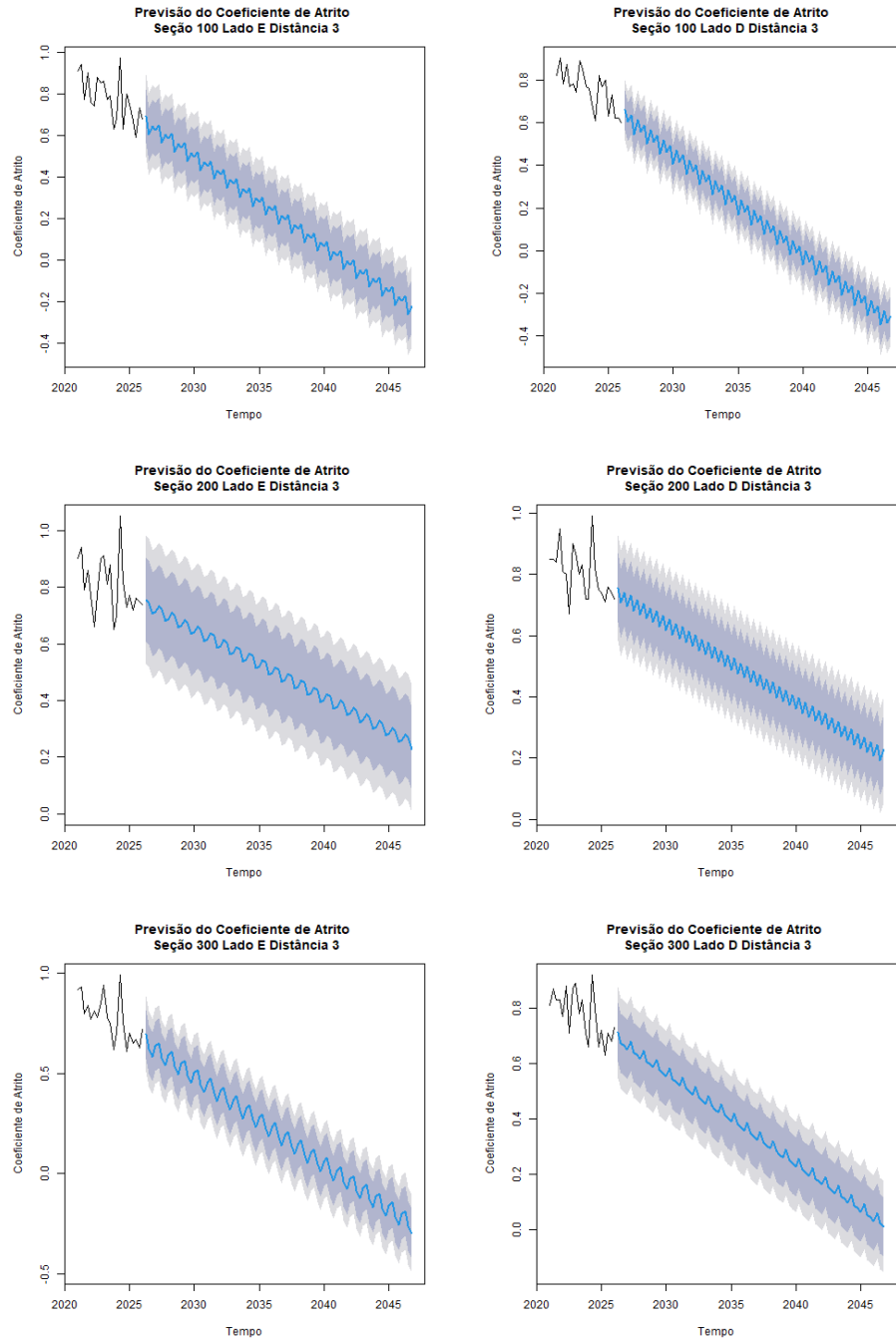


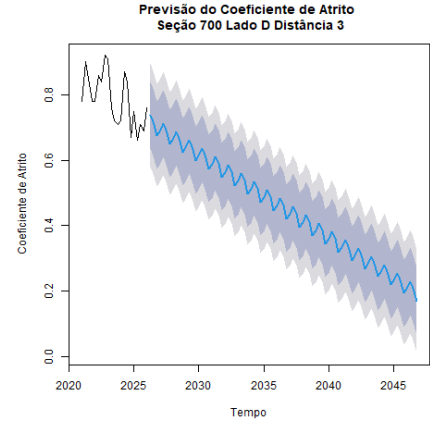
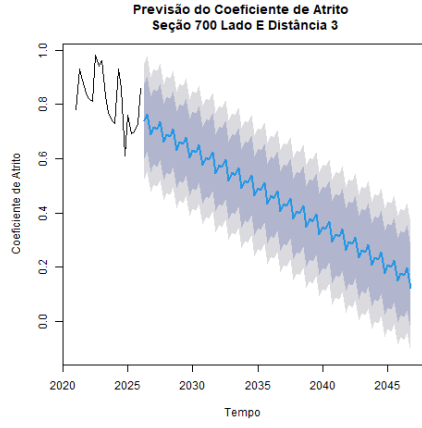
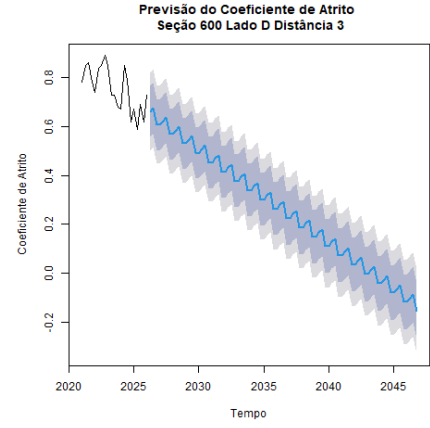
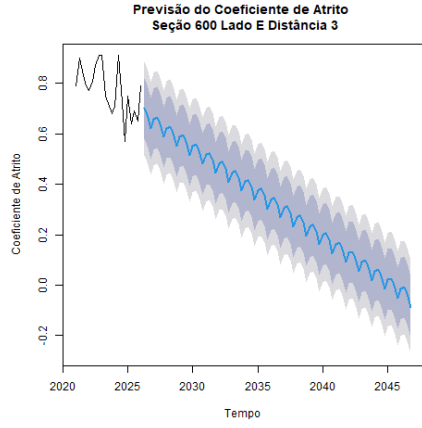
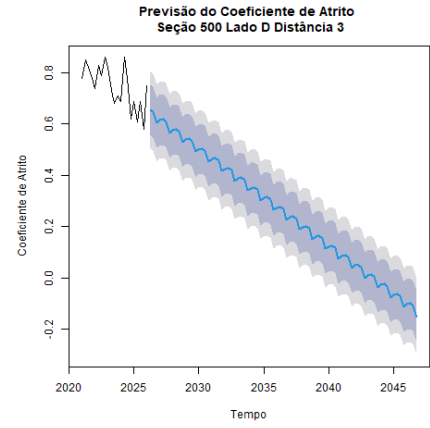
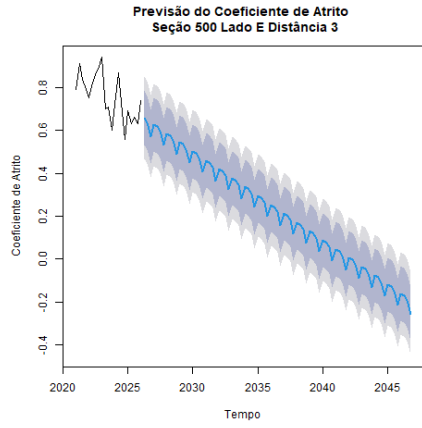
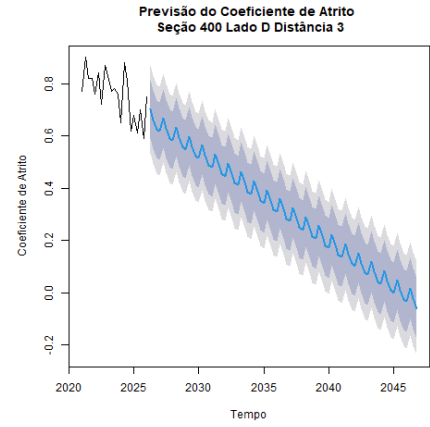
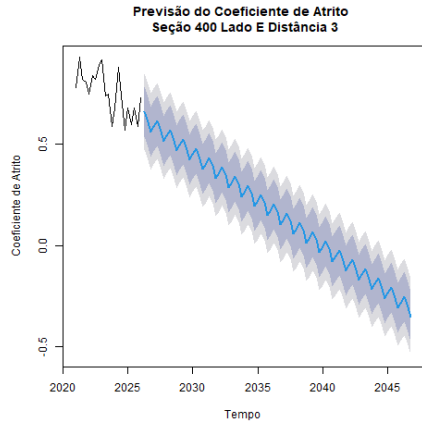
Previsão do Coeficiente de Atrito - Seção 2600

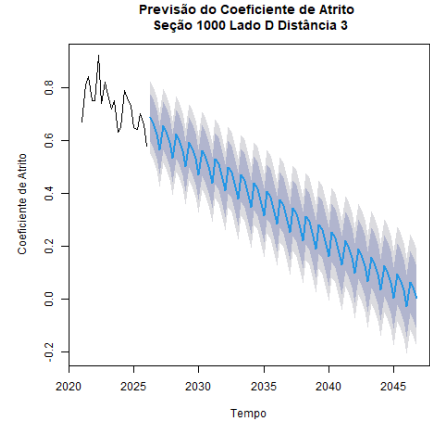
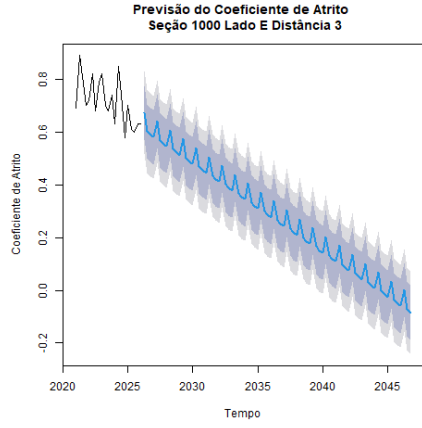
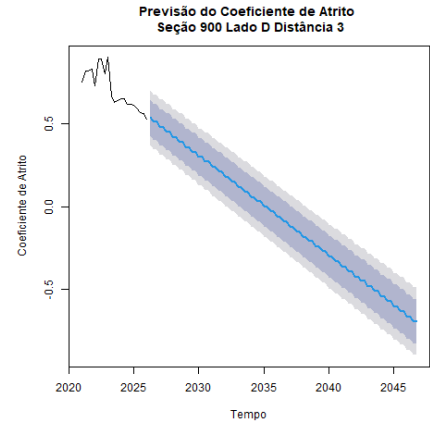
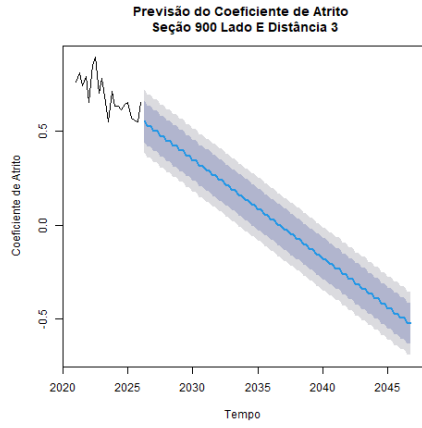
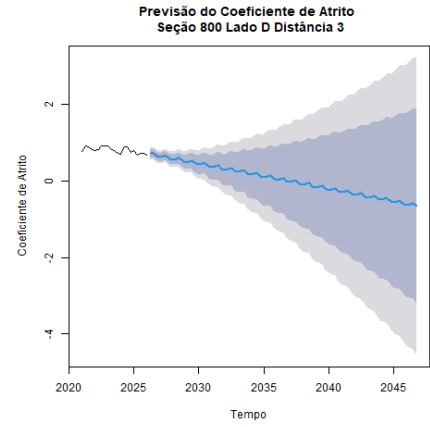
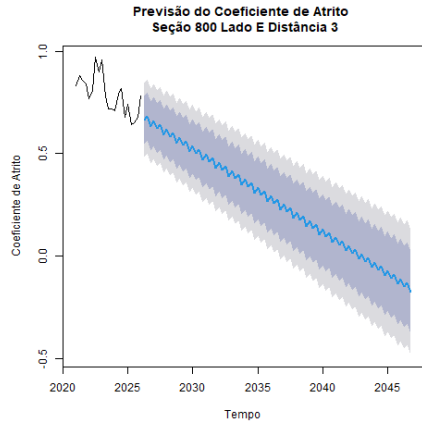


Modelo 3 (por terço) e Modelo 4 (PPD)

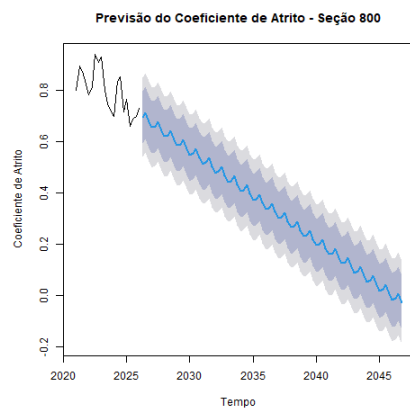
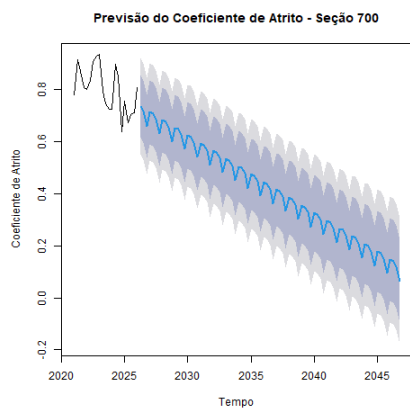
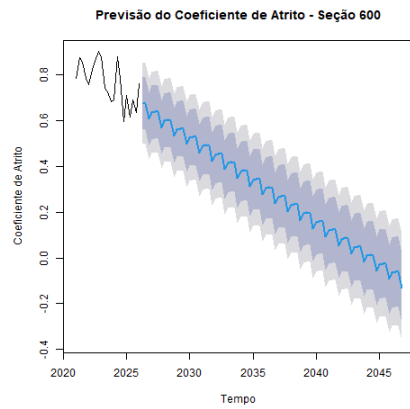
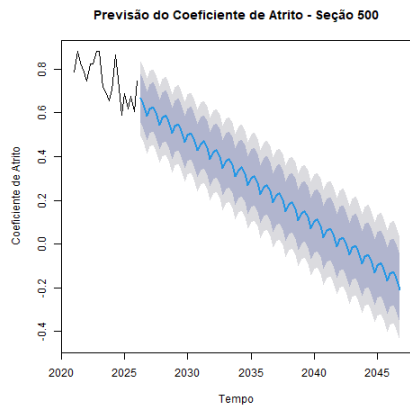
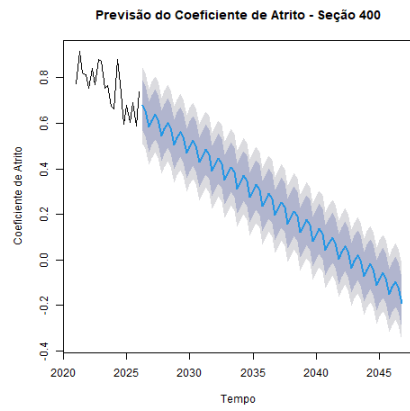
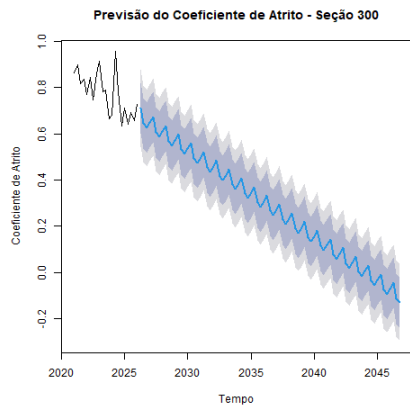
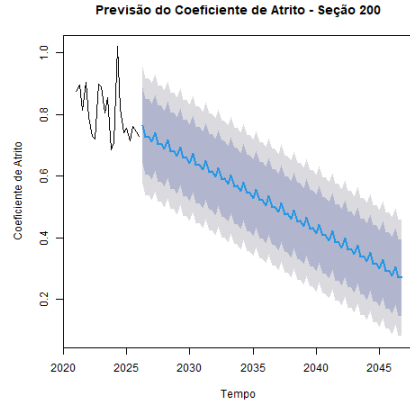
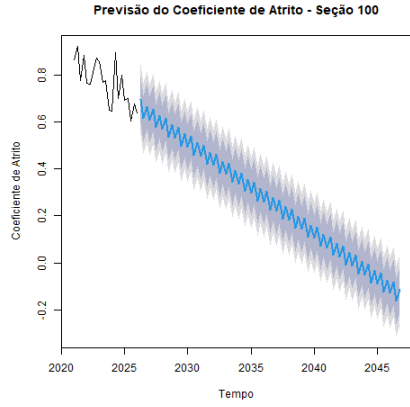


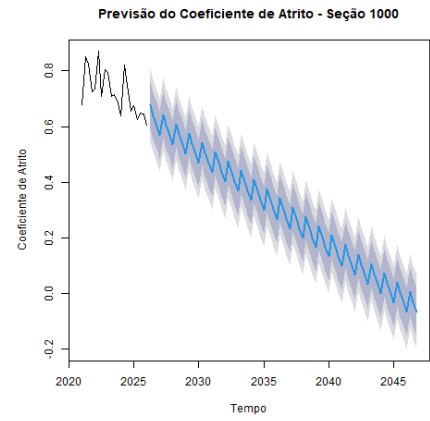
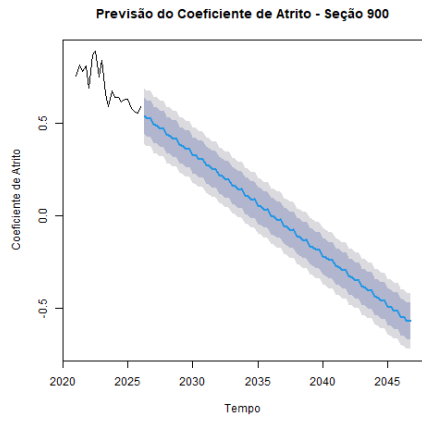
APÊNDICE D — MODELOS PREDITIVOS PARA A PPD C**Modelo 1 (por ponto de levantamento/medição)**



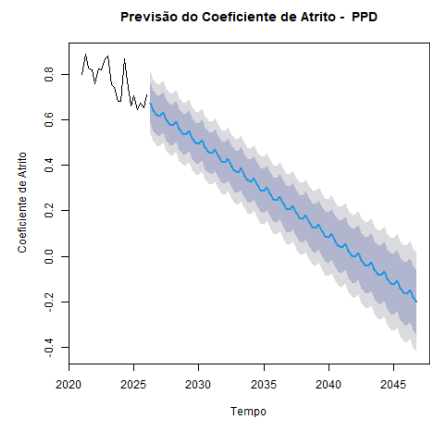
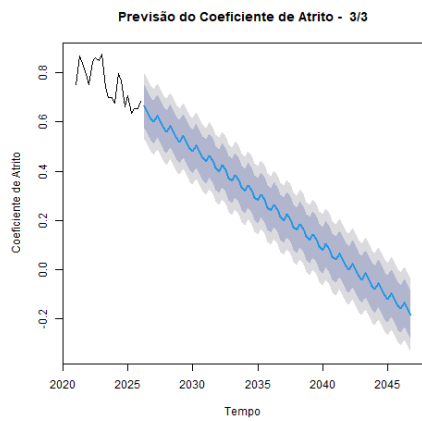
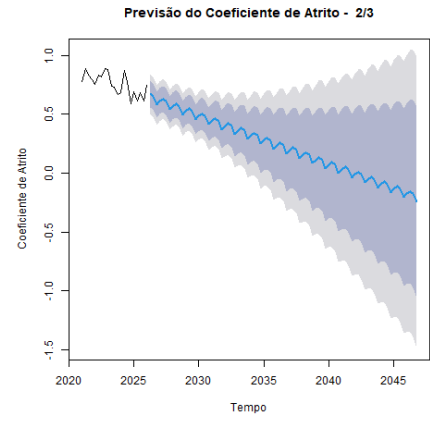
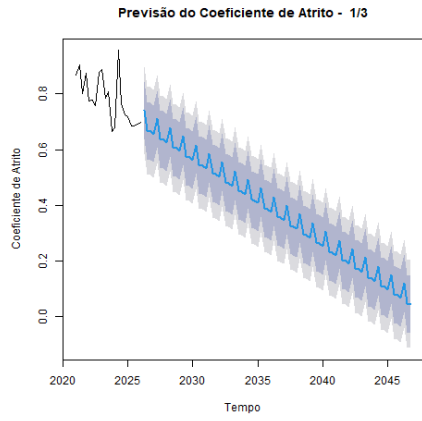


Modelo 2 (por seção / a cada 100 m)





Modelo 3 (por terço) e Modelo 4 (PPD)



		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.337,87
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.940,67
1500	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.337,87
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.120,50
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.723,31
1600	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.337,87
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.805,70
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 39.123,40
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.440,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.161,99
1700	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.600,24
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.673,80
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.124,57	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.253,58
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.298,84
1900	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2000	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.205,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.510,62
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.794,42
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.805,70
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.600,24
2100	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.794,42
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.103,03
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.205,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.510,62
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 57.132,45
2200	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.298,84
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.298,84
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.103,03
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.971,29
2300	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.205,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.510,62
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.103,03
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.081,47
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.794,42
2400	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.120,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 24.271,78
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.440,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.559,18
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.723,31
2500	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.972,46
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.288,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.972,46
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.382,96
2600	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.205,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.288,28
	E3	R\$ -	R\$ 27.218,68	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.497,60
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.738,53
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
		R\$ 26.266,27	R\$ 81.656,04	R\$ 310.261,93	R\$ 321.512,03	R\$ 424.034,62	R\$ 188.318,62	R\$ 422.818,61	R\$ 303.334,63	R\$ 454.037,34	R\$ 361.923,64	R\$ 337.542,29	R\$ 388.646,19	R\$ 563.833,91	R\$ 626.012,70	R\$ 389.227,15	R\$ 537.787,37	R\$ 417.965,66	R\$ 577.494,79	R\$ 448.826,06	R\$ 465.100,50	R\$ 2.873.784,74

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 614,02	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83	R\$ 23.930,40
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 571,81	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 195,62
	D3	R\$ 386,45	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ 461,78	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ 659,36	R\$ -	R\$ -	R\$ 49.869,56	R\$ -	R\$ 58.120,15
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 495,88	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83	R\$ 8.890,82
1500	E6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 571,81	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.124,57	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.647,11
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 683,27	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.746,52
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 532,49	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 217,83
1600	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 614,02	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83	R\$ 23.930,40
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 445,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.600,65
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ 532,49	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ 683,27	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.486,88
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 206,43
1700	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 478,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.979,27
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 659,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.505,83
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 445,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 683,27	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.034,77
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 708,04	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1900	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 461,78	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.993,41
2000	E6	R\$ 386,45	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 760,32	R\$ 29.788,55
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 636,29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.289,56
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 461,78	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.993,41
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 495,88	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 49.869,56	R\$ -	R\$ 9.368,52
2100	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 636,29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.289,56
	E3	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 592,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.132,78
	D3	R\$ 386,45	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 571,81	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.124,57	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.576,28
	D6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ 513,86	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ 659,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83	R\$ 40.329,21
2200	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 636,29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.289,56
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 683,27	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.497,58
	D3	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 592,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.132,78
	D6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.789,08
2300	E6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.661,84
	E3	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 592,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 49.869,56	R\$ -	R\$ 26.132,78
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 760,32	R\$ 13.028,24
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 614,02	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83	R\$ 24.764,84
2400	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 659,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.264,24
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 445,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.247,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.600,65
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 430,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.901,00
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 532,49	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 217,83
2500	E6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 614,02	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.134,11
	E3	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 636,29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.124,92
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.504,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 708,04	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2600	E6	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 551,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 760,32
	E3	R\$ 386,45	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ 461,78	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 614,02	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.440,63	R\$ -	R\$ 733,72	R\$ -	R\$ 47.161,25
	D3	R\$ -	R\$ 400,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 659,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.116,20
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
		R\$ 6.183,18	R\$ 6.006,92	R\$ 34.015,38	R\$ 151.732,21	R\$ 94.429,54	R\$ 192.474,64	R\$ 197.539,68	R\$ 239.893,94	R\$ 421.166,81	R\$ 329.458,70	R\$ 266.947,27	R\$ 236.618,55	R\$ 405.701,20	R\$ 341.855,76	R\$ 350.433,71	R\$ 365.118,52	R\$ 145.471,31	R\$ 294.411,75	R\$ 651.972,90	R\$ 469.662,43	R\$ 1.735.240,50

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.337,87
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.703,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.864,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.815,61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.677,83
1500	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.940,67
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.192,36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.971,29
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1600	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.120,50
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.723,31
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.337,87
1700	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.805,70
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.524,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 39.123,40
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.440,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.161,99
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.273,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.600,24
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1900	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.673,80
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 34.925,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.124,57	R\$ -	R\$ 25.253,58
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2000	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.386,44	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.734,18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.298,84
2100	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2200	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.228,37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2300	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2400	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2500	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2600	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.205,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
		R\$ 3.478,04	R\$ 28.420,06	R\$ 227.719,95	R\$ 323.662,18	R\$ 304.218,74	R\$ 252.015,05	R\$ 326.680,66	R\$ 170.998,62	R\$ 454.551,19	R\$ 327.328,74	R\$ 337.542,29	R\$ 429.226,23	R\$ 565.018,98	R\$ 463.374,15	R\$ 347.888,56	R\$ 404.659,25	R\$ 373.574,84	R\$ 581.035,01	R\$ 551.500,06	R\$ 413.422,66	R\$ 2.603.529,52

		2024	2025	2026	2027	2028	2029,00	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 49.203,52
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 92.709,57
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 47.416,14
1500	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.021,60
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.543,09
1600	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.021,60
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 78.342,16
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.954,01
1700	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.627,93
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.442,87
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.758,26
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.627,93
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1900	E6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 92.709,57
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 70.903,79
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
2000	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.345,49
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
2100	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.193,81
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,01
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 70.079,64
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.171,92
2200	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.298,64
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 75.159,00
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.298,64
2300	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.144,73
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.943,27
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.298,64
2400	E6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 55.867,70
	E3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.290,23
	D3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 82.669,56
	D6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 98.566,00
2500	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.954,01
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.035,27
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
2600	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 97.830,58
	E3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.290,23
	D3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 97.830,58
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.298,64
		R\$ 406.951,38	R\$ 843.414,87	R\$ 1.136.196,23	R\$ 860.403,82	R\$ 422.337,82	R\$ 534.907,74	R\$ 453.521,04	R\$ 522.184,13	R\$ 595.230,38	R\$ 448.591,59	R\$ 987.822,22	R\$ 782.784,03	R\$ 499.180,17	R\$ 517.280,45	R\$ 1.206.083,33	R\$ 1.110.947,48	R\$ 1.079.278,53	R\$ 447.365,27	R\$ 772.644,55	R\$ 880.726,71	R\$ 6.216.402,43

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.580,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 53.007,55
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.775,36
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.828,60
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 22.009,89
1500	E6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.782,86	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.420,33	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.837,63
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.563,15
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.435,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 45.227,06
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.670,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ 17.126,14
1600	E6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.452,15
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.563,15
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.209,83	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 45.328,76
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.506,73	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 18.896,28
1700	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.581,49
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.349,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 19.940,06
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.668,33	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.460,61
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.349,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 21.826,16
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.349,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.259,86
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 74.560,88	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1900	E6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.580,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.689,40	R\$ -	R\$ 53.368,26
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.209,83	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.600,55
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.580,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.689,40	R\$ -	R\$ 53.368,26
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.668,33	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.460,61
2000	E6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.015,65
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.563,15
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.782,86	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.565,39
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.668,33	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.460,61
2100	E6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.015,65
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.349,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 21.826,16
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.435,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.897,86
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.015,65
2200	E6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.420,33	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.200,71
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.563,15
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.810,68
	D6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.668,33	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.460,61
2300	E6	R\$ -	R\$ 4.196,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.668,33	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.193,53
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.563,15
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.476,60
	D6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.435,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.066,06	R\$ 44.486,94
2400	E6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.420,33	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.127,50
	E3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.014,96	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.689,40	R\$ -	R\$ 60.827,05
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.452,15
	D6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.580,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.689,40	R\$ -	R\$ 56.929,65
2500	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.349,03	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 20.857,76
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 23.225,65
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.435,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.087,92
2600	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.839,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.160,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.213,30
	E3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.209,83	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 46.739,68
	D3	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.992,54	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.452,15
	D6	R\$ 4.050,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.910,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.900,22
		R\$ 279.840,28	R\$ 109.118,18	R\$ 60.886,43	R\$ 9.013,45	R\$ 60.936,85	R\$ 301.446,82	#####	R\$ 574.402,54	R\$ 871.174,88	R\$ 437.161,69	R\$ 429.881,75	R\$ 378.973,83	R\$ 480.251,47	R\$ 543.020,45	R\$ 602.720,37	R\$ 555.140,79	R\$ 496.157,61	R\$ 477.046,61	R\$ 772.274,06	R\$ 272.071,05	R\$ 3.313.753,00

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
1400	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 49.203,52
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.066,06	R\$ 92.709,57
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1500	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.021,60
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.543,09
1600	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 104.010,50
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.021,60
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 78.342,16
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.954,01
1700	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.627,93
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.442,87
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
1800	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.758,26
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.926,42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.627,93
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1900	E6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 92.709,57
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 70.903,79
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
2000	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ 72.345,49
	D3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
2100	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.193,81
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.627,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 74.560,88	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,01
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 70.079,64
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.171,92
2200	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45.284,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.671,15
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 69.298,64
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 75.159,00
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 69.298,64
2300	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 56.073,95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 72.104,54
	E3	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 71.144,73
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.943,27
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 69.298,64
2400	E6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 55.867,70
	E3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.290,23
	D3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 64.660,06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 82.669,56
	D6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.214,16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71.951,90	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 98.566,00
2500	E6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 26.954,01
	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.035,27
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	D6	R\$ -	R\$ 42.170,74	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 54.111,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 69.434,22	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 76.087,39
2600	E6	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 97.830,58
	E3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 52.218,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 67.004,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 80.290,23
	D3	R\$ 40.695,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.391,23	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 62.397,52	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 97.830,58
	D6	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.699,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 58.107,19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 77.264,46	R\$ -	R\$ 69.298,64
		R\$ 414.856,24	R\$ 640.752,65	R\$ 865.089,49	R\$ 452.844,12	R\$ 234.632,12	R\$ 437.651,79	R\$ 710.492,14	R\$ 469.965,72	R\$ 600.615,62	R\$ 515.826,55	#####	R\$ 800.761,66	R\$ 449.202,32	R\$ 387.960,33	R\$ 636.383,33	R\$ 1.062.243,64	R\$ 870.583,51	R\$ 603.907,36	R\$ 965.620,45	R\$ 488.364,60	R\$ 5.300.814,95

APÊNDICE G — ACCV DETERMINÍSTICA PARA A PPD C

Modelo 1 – Alternativa A: Coeficiente de atrito e M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
100	E3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC
200	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
300	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF
400	E3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF
500	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
600	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF
700	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
800	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	RC
900	E3	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF
1000	E3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF

Nota: NF: Nada a fazer; RC: Recomposição do revestimento.

Modelo 1 – Alternativa A: Custos com M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
100	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.596,85
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.306,96	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.816,80
200	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.634,13
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.332,00
300	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,76	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.770,37
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.794,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 25.681,36
400	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.058,44
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.253,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.099,93
500	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.058,44
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.159,68
600	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.633,29
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.159,68
700	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.605,55	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.068,42
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.605,55	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 14.068,42
800	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.159,68
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.306,96	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 35.019,87	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.846,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 57.286,08
900	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.281,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 35.019,87	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.047,15
	D3	R\$ -	R\$ 27.291,87	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.794,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ -	R\$ 61.139,70
1000	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.846,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.380,32
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.605,55	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 42.665,27
		R\$ -	R\$ 27.291,87	R\$ 28.281,48	R\$ 58.613,93	R\$ 91.108,90	R\$ 188.825,02	R\$ 65.223,94	R\$ 67.588,96	R\$ 70.039,73	R\$ -	R\$ 112.816,66	R\$ 77.938,26	R\$ 161.528,60	R\$ 83.692,81	R\$ 43.363,76	R\$ 179.744,51	R\$ 139.696,53	R\$ 48.253,98	R\$ 150.011,00	R\$ 51.816,80	R\$ 627.499,94

Modelo 1 – Alternativa B: Coeficiente de atrito e M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	
100	E3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC
200	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
300	E3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
	D3	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF
400	E3	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
500	E3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
600	E3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
	D3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
700	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF
800	E3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
	D3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF
900	E3	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF
	D3	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	MP	NF
1000	E3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	RC	NF	MP	NF	NF	NF	RC	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF

Nota: NF: Nada a fazer; MP: Manutenção Preventiva; RC: Recomposição do revestimento.

Modelo 1 – Alternativa B: Custos com M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029,00	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
100	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.950,84
	D3	R\$ -	R\$ 399,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 35.019,87	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 612,75	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 24.846,58
200	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 512,79	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 229,39
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 494,85	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 242,06
300	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.775,69
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 444,70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,76	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 11.630,49
400	E3	R\$ -	R\$ 399,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 35.019,87	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 634,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.165,89
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.846,41	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.272,92
500	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.289,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 657,99	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.319,68
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.061,24
600	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.061,24
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.061,24
700	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 477,53	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.444,74
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 477,53	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 9.405,93
800	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 732,19	R\$ 13.766,12
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.794,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 570,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.232,11
900	E3	R\$ 385,65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 570,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.253,98	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.647,82
	D3	R\$ 385,65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 531,38	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,76	R\$ -	R\$ -	R\$ 732,19	R\$ -	R\$ 30.457,63
1000	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.289,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 612,75	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.337,55
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ 512,79	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ 634,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 39.940,85
		R\$ 771,29	R\$ 799,26	R\$ 2.484,72	R\$ 2.145,68	R\$ 444,70	R\$ 31.470,84	R\$ 66.179,00	R\$ 34.289,33	R\$ 71.065,31	R\$ 73.110,76	R\$ -	R\$ 79.079,49	R\$ 201.910,75	R\$ 43.071,90	R\$ 87.997,45	R\$ 657,99	R\$ 93.131,02	R\$ 48.253,98	R\$ 101.471,72	R\$ 54.851,77	R\$ 320.850,00

Modelo 1 – Alternativa C: Coeficiente de atrito e M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	
100	E3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	
	D3	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC
200	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
300	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF
400	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF
500	E3	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF
600	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF
700	E3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF
800	E3	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP
	D3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF
900	E3	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF
	D3	MP	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	NF	MP	NF
1000	E3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	RC	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	D3	NF	NF	MP	NF	NF	NF	RC	NF	MP	NF	NF	NF	RC	NF	MP	NF	NF	NF	NF	RC	NF

Nota: NF: Nada a fazer; MP: Manutenção Preventiva; RC: Recomposição do revestimento.

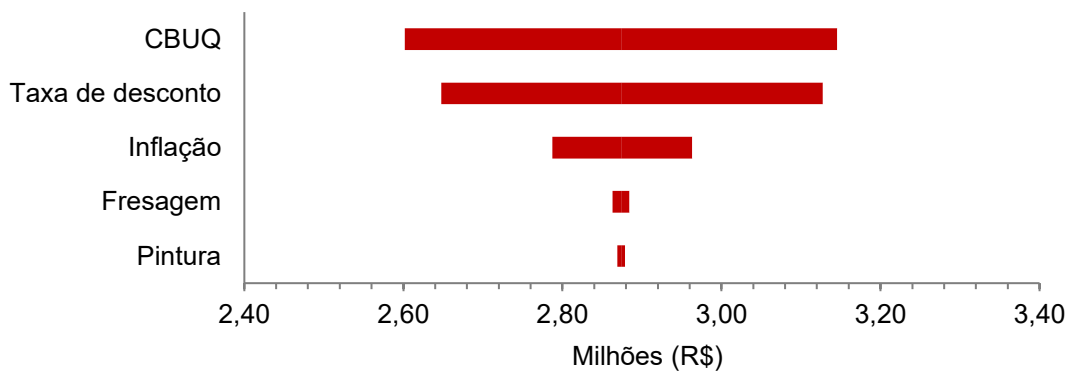
Modelo 1 – Alternativa C: Custos com M&R ao longo do ciclo de vida

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	9,35%
100	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.596,85
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.306,96	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 51.816,80
200	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 12.634,13
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.332,00
300	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,76	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.770,37
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.794,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ 25.681,36
400	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.058,44
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.253,98	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.099,93
500	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 30.369,63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.058,44
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.159,68
600	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.633,29
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.936,13	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.159,68
700	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 477,53	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.444,74
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 477,53	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 9.405,93
800	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 429,14	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 38.969,13	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 732,19	R\$ 13.766,12
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 33.794,48	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 570,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.565,51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.232,11
900	E3	R\$ 385,65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 570,62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 48.253,98	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 27.647,82
	D3	R\$ 385,65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.470,84	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 531,38	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 43.363,76	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 732,19	R\$ -	R\$ 30.457,63
1000	E3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 36.289,69	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 612,75	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.337,55
	D3	R\$ -	R\$ -	R\$ 414,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.611,97	R\$ -	R\$ 512,79	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.382,15	R\$ -	R\$ 634,97	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 50.003,67	R\$ -	R\$ 39.940,85
		R\$ 771,29	R\$ -	R\$ 1.242,36	R\$ 29.736,10	R\$ 91.108,90	R\$ 125.883,35	R\$ 131.402,94	R\$ 67.588,96	R\$ 512,79	R\$ 36.821,07	R\$ -	R\$ 118.048,62	R\$ 161.528,60	R\$ 612,75	R\$ 87.362,48	R\$ 89.872,25	R\$ 186.262,04	R\$ 96.507,95	R\$ 151.475,39	R\$ 51.816,80	R\$ 504.917,67

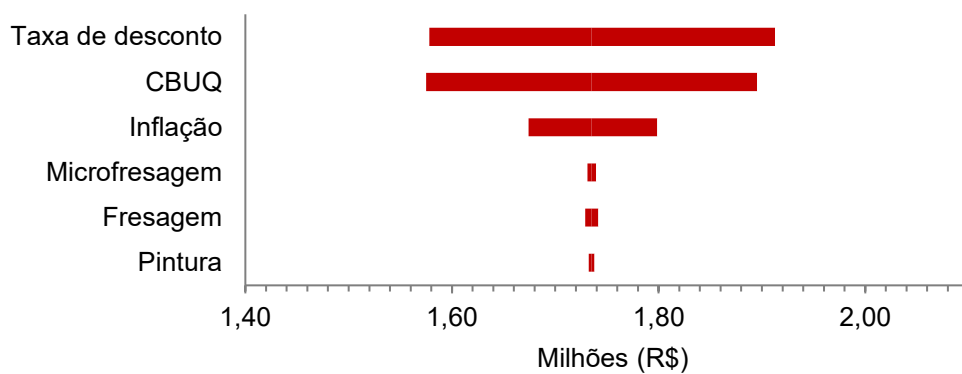
APÊNDICE H — ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

PPD A – Modelo 1

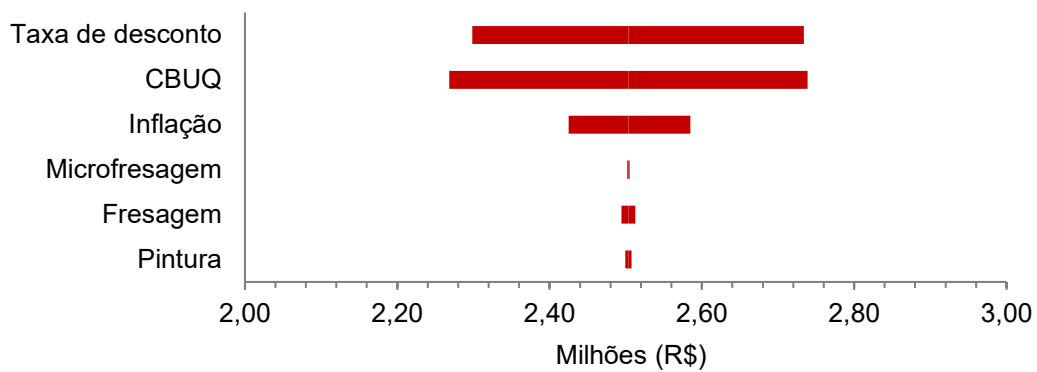
Alternativa A



Alternativa B

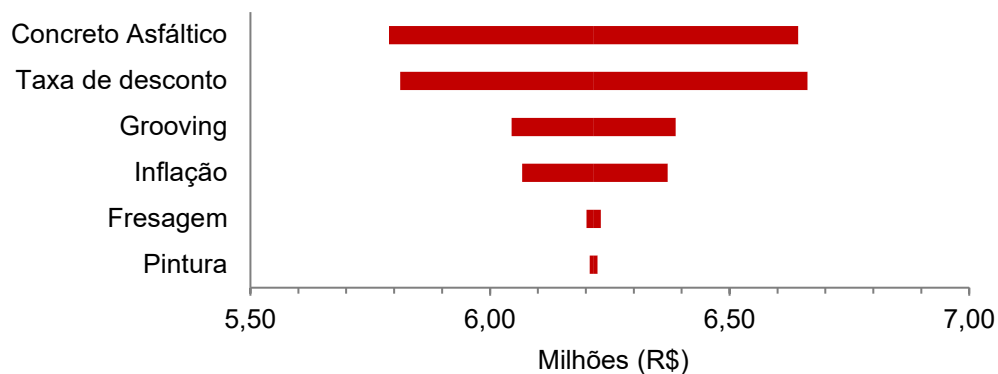


Alternativa C

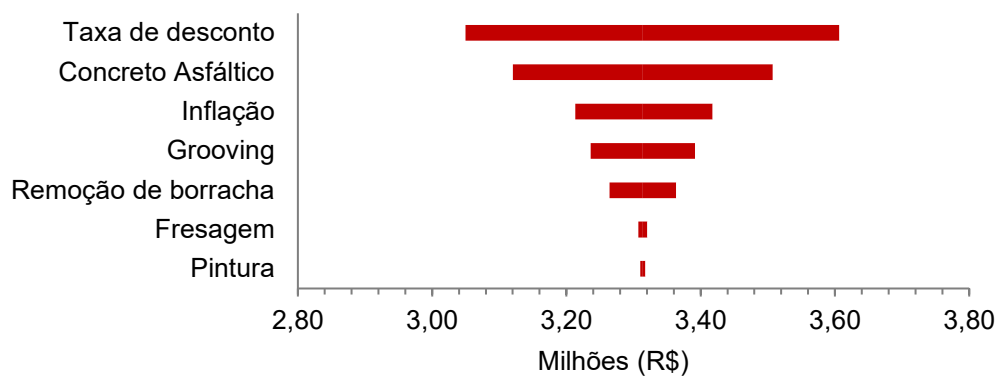


PPD B – Modelo 1

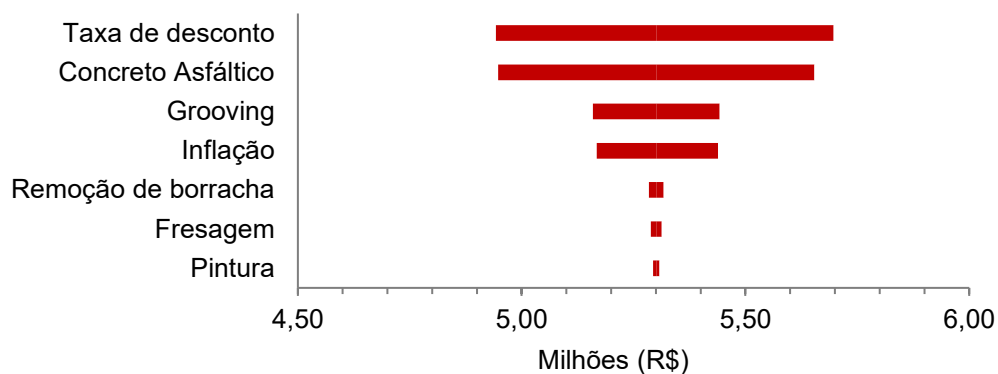
Alternativa A



Alternativa B

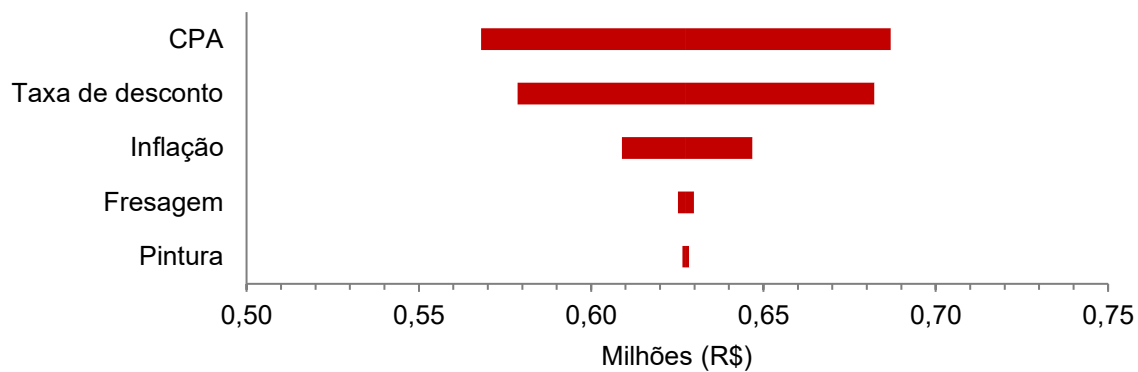


Alternativa C

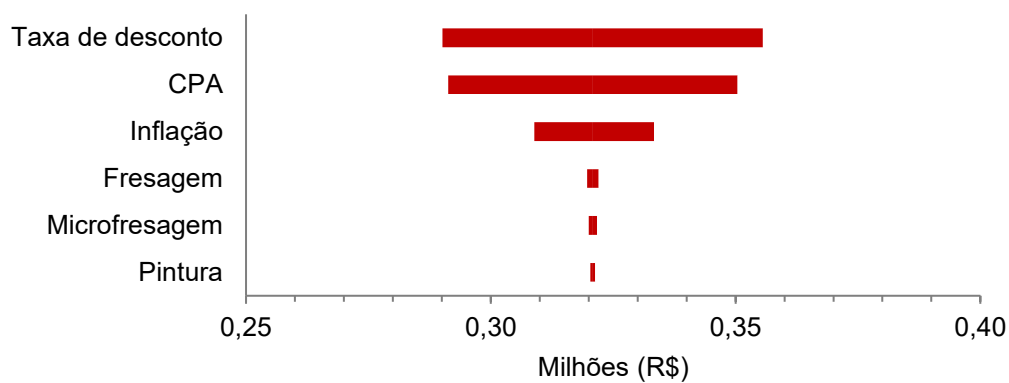


PPD C – Modelo 1

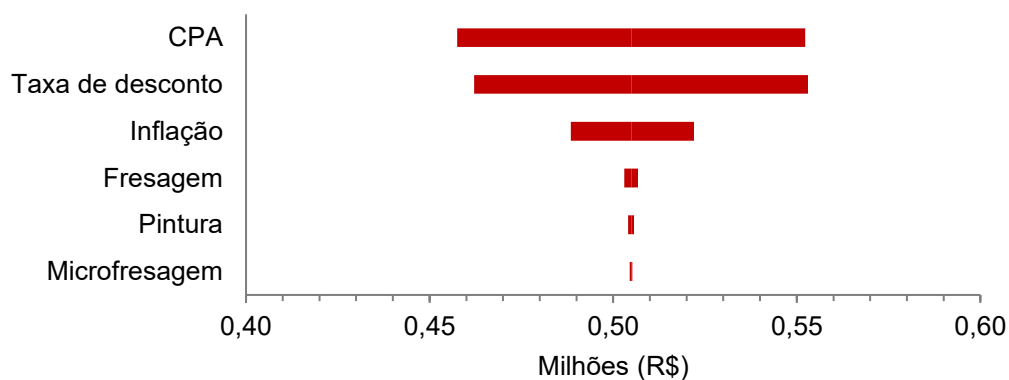
Alternativa A



Alternativa B



Alternativa C



APÊNDICE I — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD A

Análise exploratória do coeficiente de atrito no previsto na extensão da PPD A

Modelo 1 – Alternativa A

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,91	0,26	0,53	0,71	0,86	1,03	1,68	28,70%
200	0,54	0,06	0,42	0,49	0,54	0,59	0,70	11,88%
300	0,56	0,08	0,40	0,50	0,56	0,62	0,73	13,54%
400	0,57	0,09	0,38	0,51	0,57	0,63	0,80	15,22%
500	0,56	0,07	0,40	0,51	0,56	0,61	0,74	12,33%
600	0,56	0,08	0,40	0,50	0,56	0,62	0,75	14,22%
700	0,58	0,09	0,41	0,51	0,58	0,65	0,80	15,74%
800	0,59	0,10	0,39	0,52	0,59	0,65	0,85	16,19%
900	0,60	0,10	0,41	0,53	0,60	0,68	0,85	16,53%
1000	0,57	0,09	0,37	0,50	0,56	0,64	0,80	16,53%
1100	0,62	0,08	0,41	0,57	0,62	0,67	0,77	12,67%
1200	0,58	0,09	0,40	0,52	0,59	0,65	0,80	14,89%
1300	0,59	0,09	0,40	0,52	0,60	0,66	0,76	14,51%
1400	0,57	0,08	0,39	0,51	0,57	0,62	0,76	13,29%
1500	0,61	0,09	0,41	0,54	0,61	0,70	0,77	15,03%
1600	0,56	0,07	0,40	0,50	0,56	0,62	0,75	12,90%
1700	0,60	0,10	0,41	0,52	0,60	0,69	0,77	16,00%
1800	0,71	0,14	0,42	0,60	0,70	0,80	1,05	19,58%
1900	0,73	0,18	0,41	0,61	0,69	0,77	1,26	24,62%
2000	0,59	0,09	0,40	0,52	0,58	0,65	0,85	15,80%
2100	0,59	0,11	0,37	0,50	0,58	0,67	0,81	18,14%
2200	0,61	0,12	0,38	0,52	0,60	0,70	0,90	18,93%
2300	0,60	0,11	0,38	0,51	0,59	0,67	0,84	18,28%
2400	0,59	0,09	0,41	0,52	0,59	0,65	0,80	14,86%
2500	0,62	0,11	0,38	0,55	0,63	0,68	0,94	17,16%
2600	0,69	0,22	0,39	0,54	0,64	0,75	1,35	31,23%
<hr/>								
1/3	0,61	0,16	0,38	0,51	0,58	0,65	1,68	26,36%
2/3	0,60	0,10	0,37	0,53	0,60	0,66	1,05	16,89%
3/3	0,63	0,14	0,37	0,53	0,61	0,69	1,35	22,83%
PPD	0,61	0,14	0,37	0,52	0,60	0,67	1,68	22,47%

Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD A

Modelo 1 – Alternativa B

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,91	0,26	0,53	0,71	0,86	1,03	1,68	28,70%
200	0,55	0,06	0,41	0,50	0,55	0,59	0,70	11,05%
300	0,56	0,07	0,40	0,52	0,57	0,61	0,72	11,86%
400	0,59	0,08	0,37	0,54	0,59	0,64	0,80	13,62%
500	0,56	0,07	0,39	0,52	0,57	0,62	0,71	12,60%
600	0,57	0,08	0,40	0,51	0,57	0,62	0,75	13,25%
700	0,59	0,09	0,41	0,52	0,59	0,65	0,79	14,74%
800	0,60	0,09	0,40	0,55	0,60	0,66	0,85	14,46%
900	0,61	0,09	0,39	0,55	0,62	0,68	0,83	14,21%
1000	0,59	0,08	0,41	0,53	0,58	0,64	0,79	14,02%
1100	0,62	0,07	0,40	0,58	0,63	0,67	0,77	11,51%
1200	0,59	0,08	0,41	0,54	0,60	0,65	0,79	12,93%
1300	0,61	0,07	0,40	0,56	0,62	0,66	0,76	12,21%
1400	0,58	0,07	0,41	0,53	0,59	0,64	0,76	12,62%
1500	0,62	0,08	0,39	0,57	0,62	0,69	0,74	12,78%
1600	0,57	0,07	0,40	0,52	0,57	0,62	0,75	11,56%
1700	0,61	0,09	0,40	0,55	0,60	0,69	0,77	14,21%
1800	0,71	0,13	0,41	0,61	0,70	0,80	1,05	18,76%
1900	0,73	0,18	0,42	0,62	0,69	0,77	1,26	24,18%
2000	0,59	0,08	0,39	0,54	0,59	0,65	0,85	13,97%
2100	0,60	0,10	0,37	0,53	0,59	0,67	0,81	16,54%
2200	0,63	0,10	0,37	0,55	0,62	0,70	0,90	16,59%
2300	0,61	0,10	0,39	0,54	0,61	0,68	0,84	15,77%
2400	0,60	0,07	0,41	0,55	0,60	0,65	0,83	12,22%
2500	0,64	0,09	0,38	0,57	0,64	0,69	0,93	14,84%
2600	0,69	0,21	0,38	0,55	0,64	0,74	1,35	30,33%
1/3	0,62	0,16	0,37	0,53	0,59	0,66	1,68	25,32%
2/3	0,61	0,09	0,39	0,55	0,61	0,67	1,05	15,19%
3/3	0,64	0,13	0,37	0,55	0,62	0,69	1,35	21,10%
PPD	0,62	0,13	0,37	0,54	0,61	0,67	1,68	21,04%

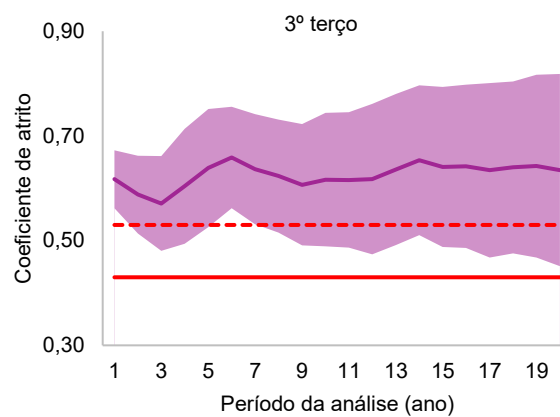
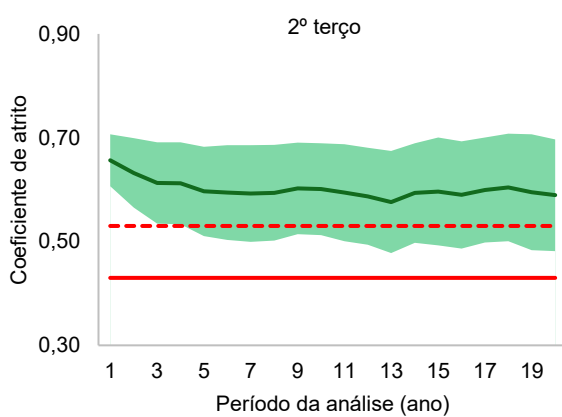
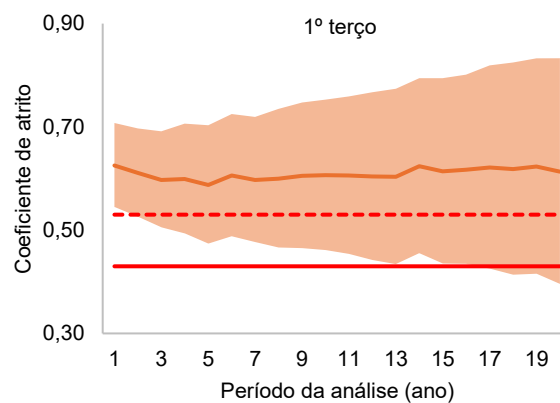
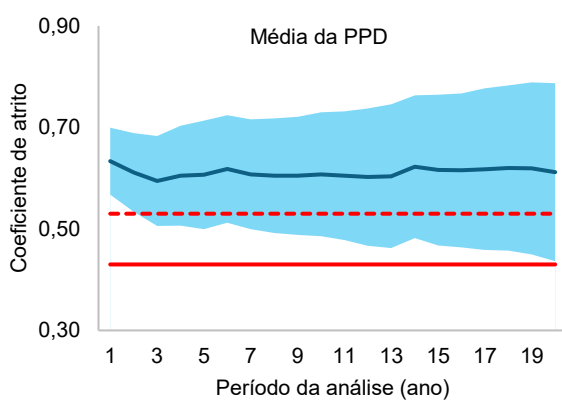
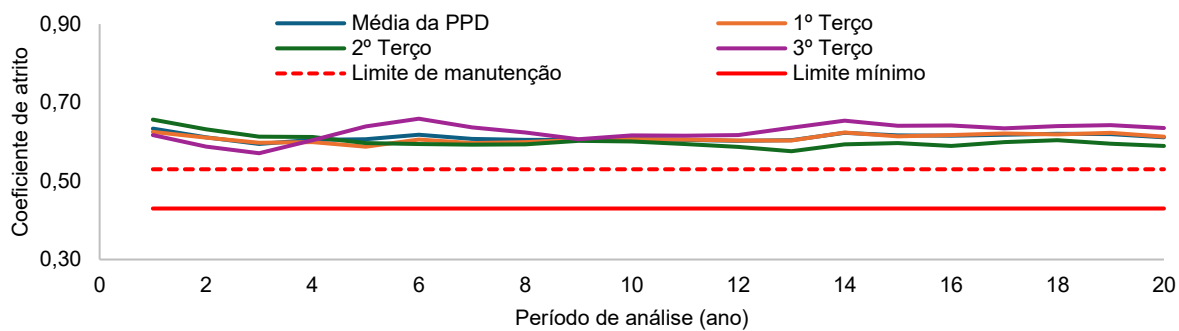
Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD A

Modelo 1 – Alternativa C

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,91	0,26	0,53	0,71	0,86	1,03	1,68	28,70%
200	0,55	0,06	0,41	0,50	0,55	0,59	0,70	11,05%
300	0,56	0,07	0,40	0,52	0,57	0,61	0,72	11,86%
400	0,59	0,08	0,37	0,54	0,59	0,64	0,80	13,62%
500	0,56	0,07	0,39	0,52	0,57	0,62	0,71	12,60%
600	0,57	0,08	0,40	0,51	0,57	0,62	0,75	13,25%
700	0,59	0,09	0,41	0,52	0,59	0,65	0,79	14,74%
800	0,60	0,09	0,40	0,55	0,60	0,66	0,85	14,46%
900	0,61	0,09	0,39	0,55	0,62	0,68	0,83	14,21%
1000	0,57	0,09	0,37	0,50	0,56	0,64	0,80	16,53%
1100	0,62	0,08	0,41	0,57	0,62	0,67	0,77	12,67%
1200	0,58	0,09	0,40	0,52	0,59	0,65	0,80	14,89%
1300	0,59	0,09	0,40	0,52	0,60	0,66	0,76	14,51%
1400	0,57	0,08	0,39	0,51	0,57	0,62	0,76	13,29%
1500	0,61	0,09	0,41	0,54	0,61	0,70	0,77	15,03%
1600	0,56	0,07	0,40	0,50	0,56	0,62	0,75	12,90%
1700	0,60	0,10	0,41	0,52	0,60	0,69	0,77	16,00%
1800	0,71	0,14	0,42	0,60	0,70	0,80	1,05	19,58%
1900	0,73	0,18	0,41	0,61	0,69	0,77	1,26	24,62%
2000	0,59	0,09	0,40	0,52	0,58	0,65	0,85	15,80%
2100	0,59	0,11	0,37	0,50	0,58	0,67	0,81	18,14%
2200	0,61	0,12	0,38	0,52	0,60	0,70	0,90	18,93%
2300	0,60	0,11	0,38	0,51	0,59	0,67	0,84	18,28%
2400	0,59	0,09	0,41	0,52	0,59	0,65	0,80	14,86%
2500	0,62	0,11	0,38	0,55	0,63	0,68	0,94	17,16%
2600	0,69	0,22	0,39	0,54	0,64	0,75	1,35	31,23%
1/3	0,62	0,16	0,37	0,53	0,59	0,66	1,68	25,32%
2/3	0,60	0,10	0,37	0,53	0,60	0,66	1,05	16,89%
3/3	0,63	0,14	0,37	0,53	0,61	0,69	1,35	22,83%
PPD	0,61	0,14	0,37	0,53	0,60	0,67	1,68	22,08%

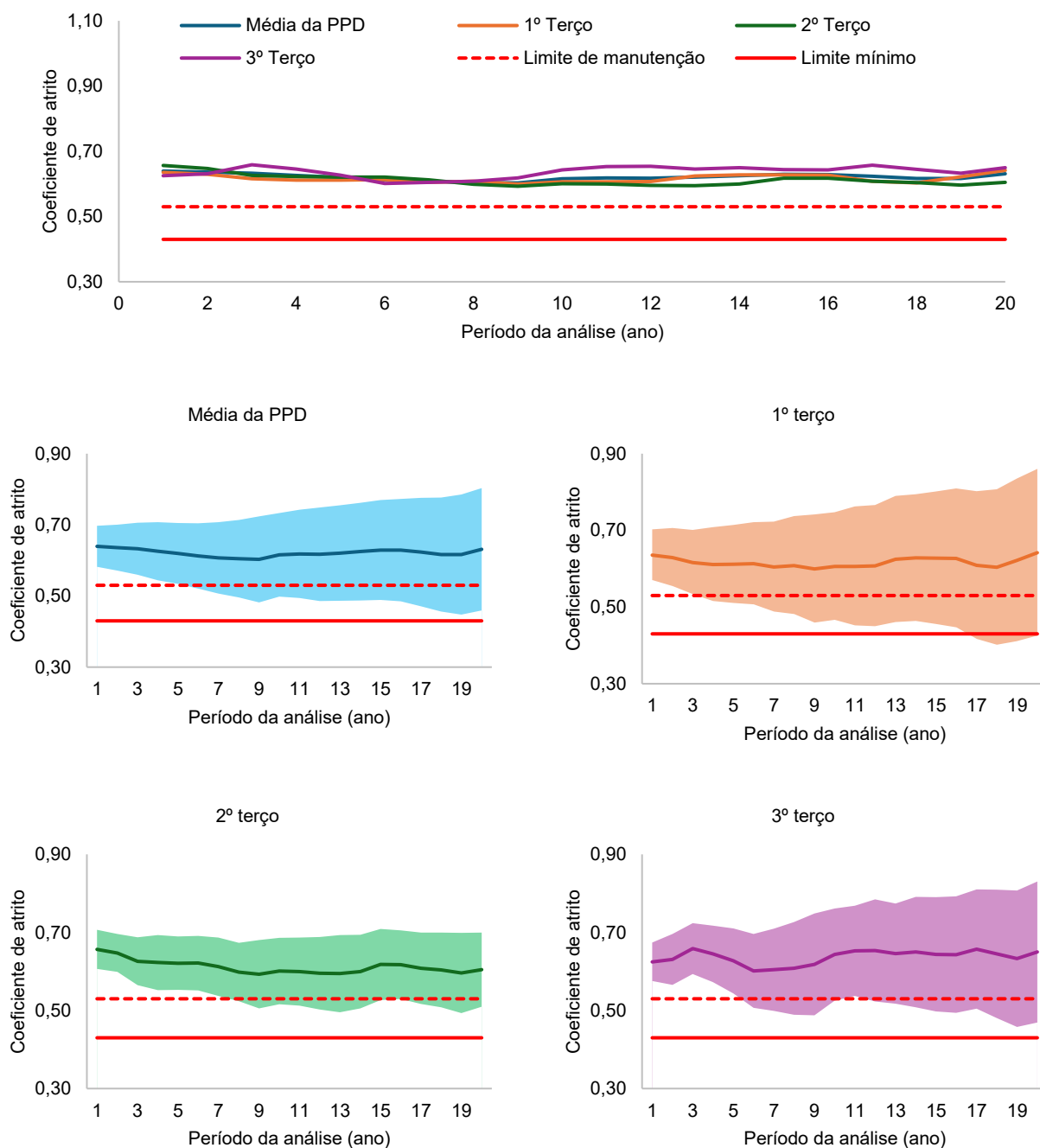
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD A

Modelo 1 – Alternativa A



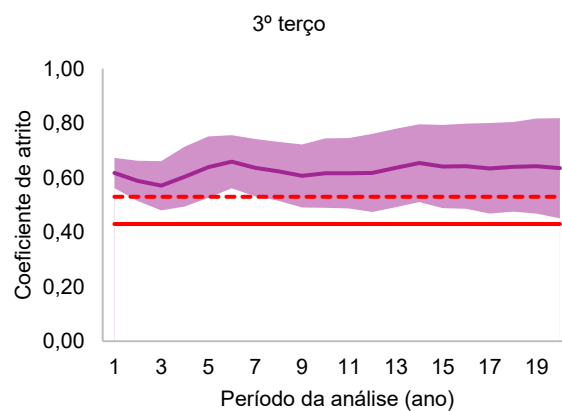
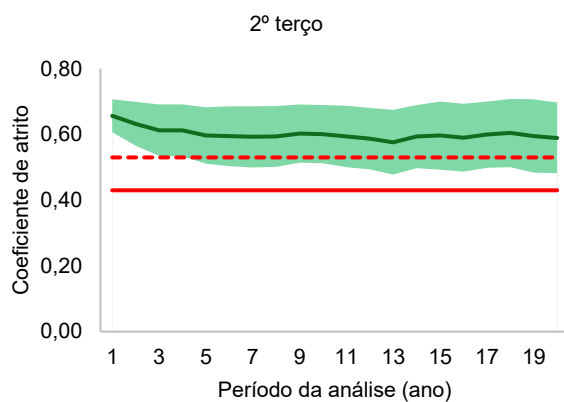
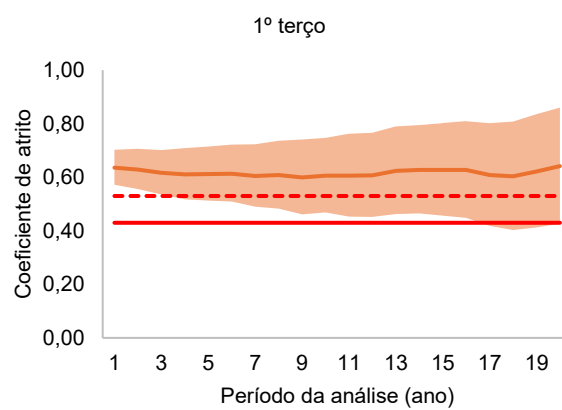
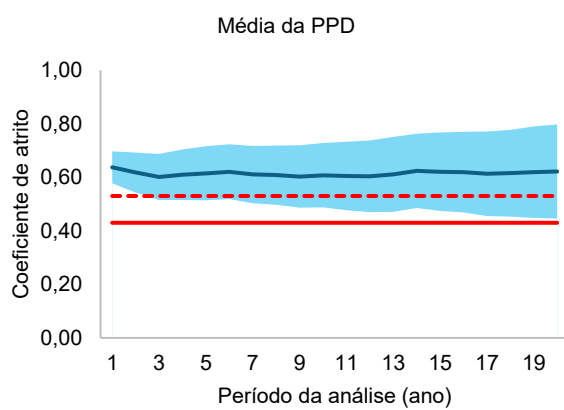
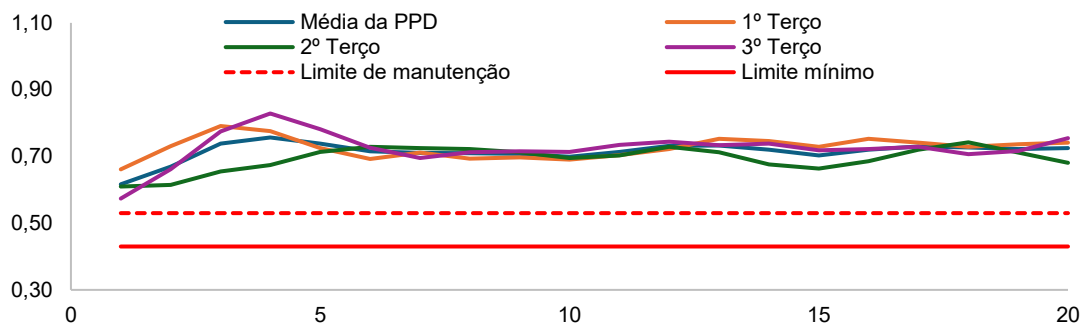
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD A

Modelo 1 – Alternativa B



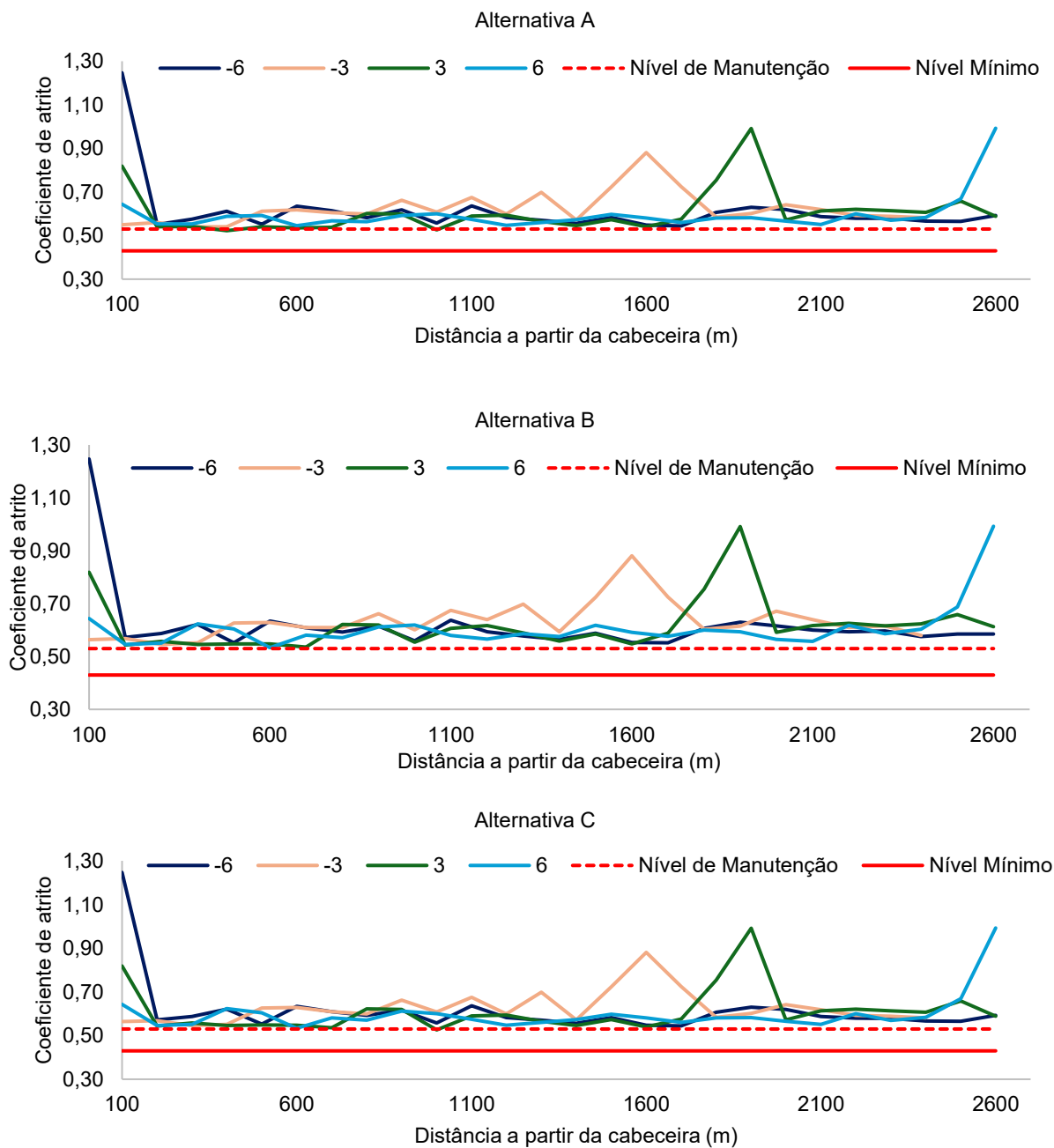
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD A

Modelo 1 – Alternativa C



Coeficiente de atrito ao longo da extensão da PPD A, por ponto de medição

Modelo 1



APÊNDICE J — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD B

Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD B

Modelo 1 – Alternativa A

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,71	0,17	0,41	0,57	0,68	0,84	1,14	24,67%
200	0,67	0,16	0,38	0,55	0,65	0,77	1,11	24,31%
300	0,67	0,17	0,38	0,55	0,63	0,75	1,18	24,86%
400	0,69	0,18	0,39	0,55	0,68	0,80	1,25	26,25%
500	0,69	0,18	0,38	0,55	0,67	0,82	1,14	26,08%
600	0,72	0,19	0,36	0,56	0,70	0,87	1,18	26,67%
700	0,81	0,27	0,39	0,60	0,74	0,95	1,56	33,62%
800	0,69	0,16	0,39	0,56	0,66	0,81	1,12	23,68%
900	0,70	0,17	0,35	0,56	0,68	0,81	1,14	24,75%
1000	0,70	0,16	0,36	0,58	0,69	0,81	1,18	23,52%
1100	0,69	0,16	0,36	0,57	0,68	0,82	1,12	23,55%
1200	0,67	0,15	0,35	0,55	0,67	0,80	0,97	22,60%
1300	0,71	0,17	0,34	0,57	0,70	0,85	1,15	24,55%
1400	0,68	0,16	0,37	0,56	0,67	0,79	1,10	24,16%
1500	0,66	0,15	0,35	0,55	0,65	0,77	0,98	22,35%
1600	0,68	0,15	0,37	0,56	0,66	0,79	1,03	22,22%
1700	0,73	0,17	0,38	0,58	0,74	0,87	1,11	23,60%
1800	0,71	0,15	0,36	0,60	0,72	0,81	1,08	21,01%
1900	0,69	0,16	0,35	0,56	0,69	0,80	1,04	23,28%
2000	0,71	0,18	0,37	0,56	0,71	0,85	1,06	25,20%
2100	0,70	0,16	0,40	0,57	0,69	0,83	1,03	22,40%
2200	0,67	0,15	0,37	0,55	0,65	0,78	1,00	22,26%
2300	0,71	0,18	0,38	0,56	0,70	0,85	1,09	24,84%
2400	0,75	0,19	0,36	0,61	0,74	0,89	1,15	24,94%
2500	0,78	0,18	0,38	0,65	0,79	0,92	1,17	22,60%
2600	0,79	0,22	0,35	0,62	0,79	0,97	1,26	27,72%
1/3	0,71	0,19	0,35	0,56	0,67	0,83	1,56	27,15%
2/3	0,69	0,16	0,34	0,57	0,69	0,82	1,18	23,30%
3/3	0,72	0,18	0,35	0,58	0,72	0,86	1,26	25,04%
PPD	0,71	0,18	0,34	0,57	0,69	0,83	1,56	25,30%

Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD B

Modelo 1 – Alternativa B

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,91	0,26	0,53	0,71	0,86	1,03	1,68	28,70%
200	0,55	0,06	0,41	0,50	0,55	0,59	0,70	11,05%
300	0,56	0,07	0,40	0,52	0,57	0,61	0,72	11,86%
400	0,59	0,08	0,37	0,54	0,59	0,64	0,80	13,62%
500	0,56	0,07	0,39	0,52	0,57	0,62	0,71	12,60%
600	0,57	0,08	0,40	0,51	0,57	0,62	0,75	13,25%
700	0,59	0,09	0,41	0,52	0,59	0,65	0,79	14,74%
800	0,60	0,09	0,40	0,55	0,60	0,66	0,85	14,46%
900	0,61	0,09	0,39	0,55	0,62	0,68	0,83	14,21%
1000	0,59	0,08	0,41	0,53	0,58	0,64	0,79	14,02%
1100	0,62	0,07	0,40	0,58	0,63	0,67	0,77	11,51%
1200	0,59	0,08	0,41	0,54	0,60	0,65	0,79	12,93%
1300	0,61	0,07	0,40	0,56	0,62	0,66	0,76	12,21%
1400	0,58	0,07	0,41	0,53	0,59	0,64	0,76	12,62%
1500	0,62	0,08	0,39	0,57	0,62	0,69	0,74	12,78%
1600	0,57	0,07	0,40	0,52	0,57	0,62	0,75	11,56%
1700	0,61	0,09	0,40	0,55	0,60	0,69	0,77	14,21%
1800	0,71	0,13	0,41	0,61	0,70	0,80	1,05	18,76%
1900	0,73	0,18	0,42	0,62	0,69	0,77	1,26	24,18%
2000	0,59	0,08	0,39	0,54	0,59	0,65	0,85	13,97%
2100	0,60	0,10	0,37	0,53	0,59	0,67	0,81	16,54%
2200	0,63	0,10	0,37	0,55	0,62	0,70	0,90	16,59%
2300	0,61	0,10	0,39	0,54	0,61	0,68	0,84	15,77%
2400	0,60	0,07	0,41	0,55	0,60	0,65	0,83	12,22%
2500	0,64	0,09	0,38	0,57	0,64	0,69	0,93	14,84%
2600	0,69	0,21	0,38	0,55	0,64	0,74	1,35	30,33%
1/3	0,62	0,16	0,37	0,53	0,59	0,66	1,68	25,32%
2/3	0,61	0,09	0,39	0,55	0,61	0,67	1,05	15,19%
3/3	0,64	0,13	0,37	0,55	0,62	0,69	1,35	21,10%
PPD	0,62	0,13	0,37	0,54	0,61	0,67	1,68	21,04%

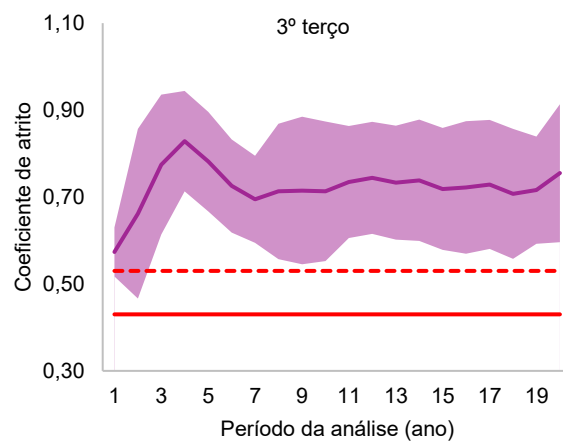
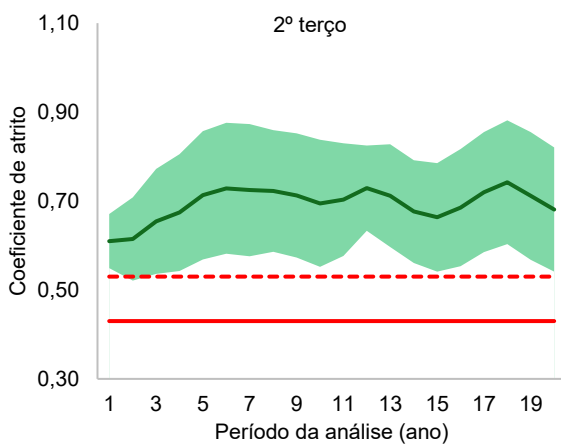
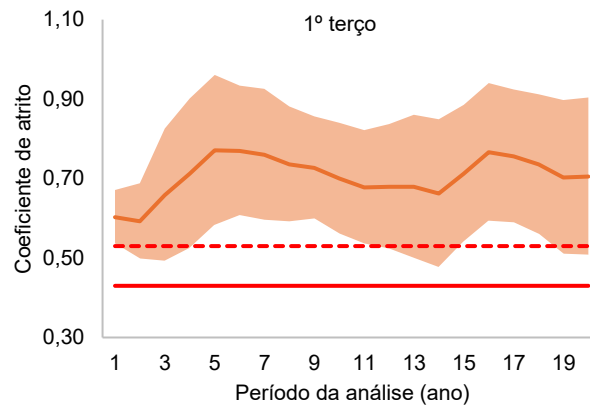
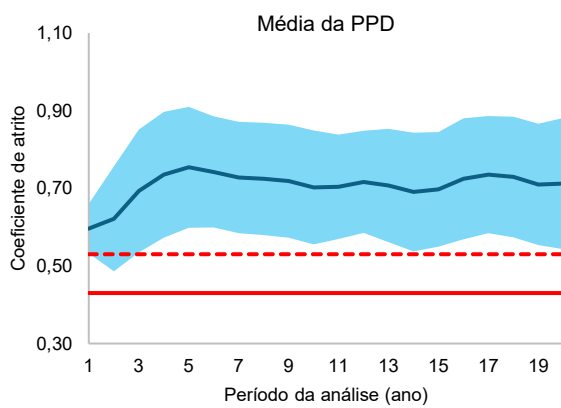
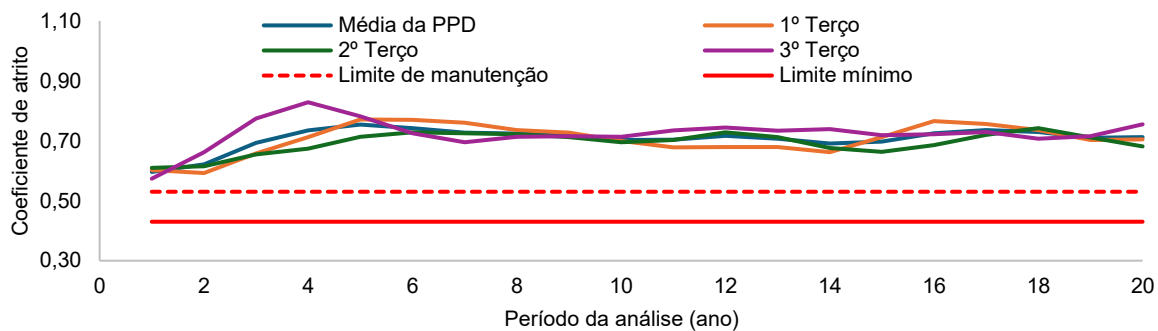
Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD B

Modelo 1 – Alternativa C

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,72	0,15	0,42	0,61	0,70	0,81	1,12	20,23%
200	0,68	0,15	0,41	0,57	0,64	0,74	1,11	21,68%
300	0,69	0,15	0,40	0,58	0,66	0,76	1,18	21,72%
400	0,72	0,17	0,38	0,59	0,70	0,81	1,24	23,91%
500	0,70	0,16	0,40	0,59	0,69	0,80	1,14	22,68%
600	0,75	0,18	0,38	0,61	0,74	0,88	1,18	23,91%
700	0,82	0,26	0,41	0,63	0,76	0,94	1,56	31,04%
800	0,72	0,15	0,41	0,61	0,71	0,82	1,11	20,72%
900	0,74	0,16	0,40	0,61	0,74	0,86	1,09	21,94%
1000	0,70	0,16	0,36	0,58	0,69	0,81	1,18	23,52%
1100	0,69	0,16	0,36	0,57	0,68	0,82	1,12	23,55%
1200	0,67	0,15	0,35	0,55	0,67	0,80	0,97	22,60%
1300	0,71	0,17	0,34	0,57	0,70	0,85	1,15	24,55%
1400	0,68	0,16	0,37	0,56	0,67	0,79	1,10	24,16%
1500	0,66	0,15	0,35	0,55	0,65	0,77	0,98	22,35%
1600	0,68	0,15	0,37	0,56	0,66	0,79	1,03	22,22%
1700	0,73	0,17	0,38	0,58	0,74	0,87	1,11	23,60%
1800	0,71	0,15	0,36	0,60	0,72	0,81	1,08	21,01%
1900	0,69	0,16	0,35	0,56	0,69	0,80	1,04	23,28%
2000	0,71	0,18	0,37	0,56	0,71	0,85	1,06	25,20%
2100	0,70	0,16	0,40	0,57	0,69	0,83	1,03	22,40%
2200	0,67	0,15	0,37	0,55	0,65	0,78	1,00	22,26%
2300	0,71	0,18	0,38	0,56	0,70	0,85	1,09	24,84%
2400	0,75	0,19	0,36	0,61	0,74	0,89	1,15	24,94%
2500	0,78	0,18	0,38	0,65	0,79	0,92	1,17	22,60%
2600	0,79	0,22	0,35	0,62	0,79	0,97	1,26	27,72%
1/3	0,73	0,18	0,38	0,60	0,70	0,83	1,56	24,27%
2/3	0,69	0,16	0,34	0,57	0,69	0,82	1,18	23,30%
3/3	0,72	0,18	0,35	0,58	0,72	0,86	1,26	25,04%
PPD	0,71	0,17	0,34	0,58	0,70	0,83	1,56	24,30%

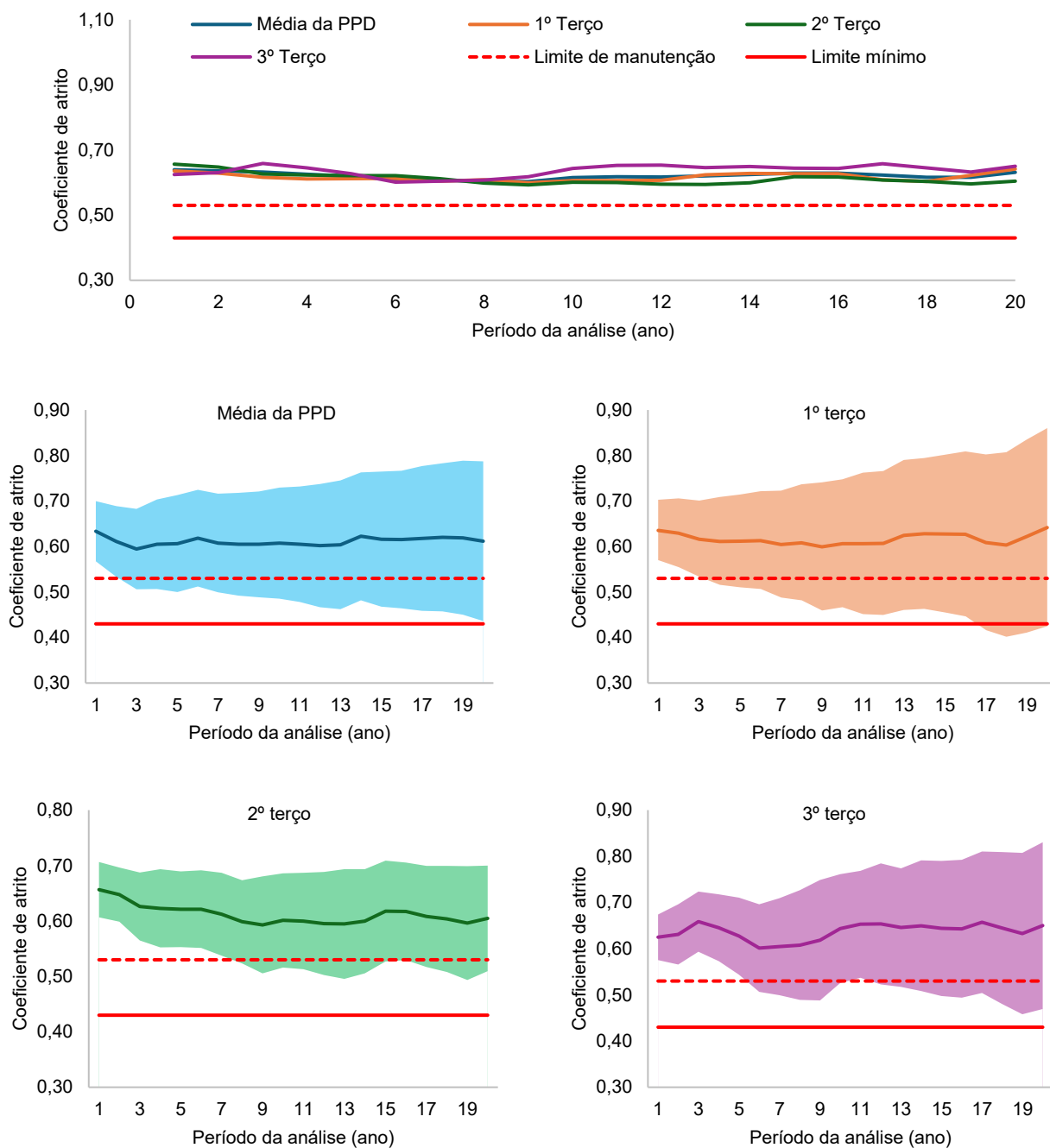
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD B

Modelo 1 – Alternativa A



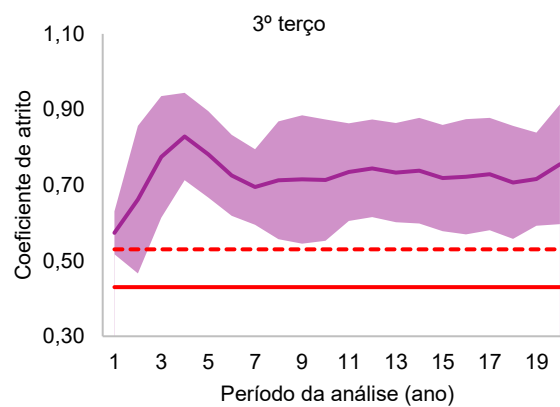
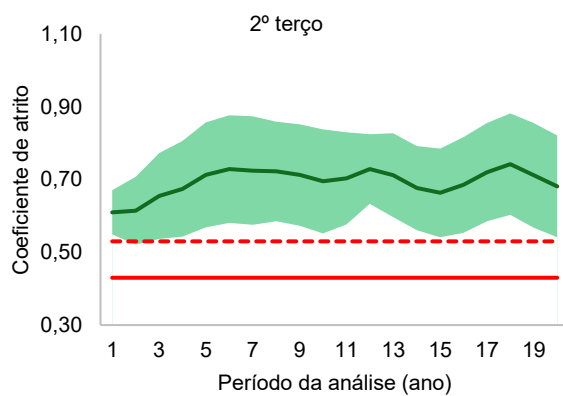
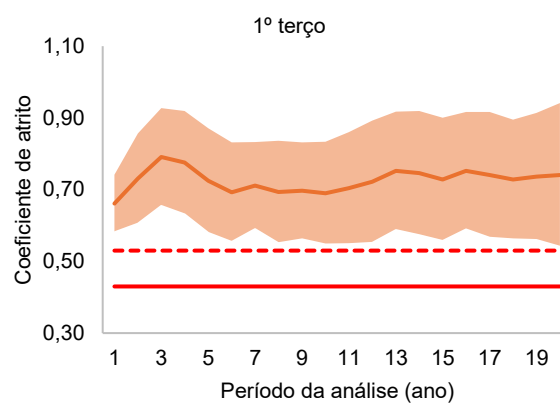
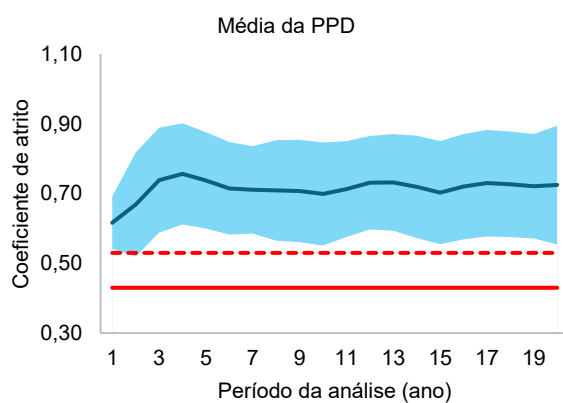
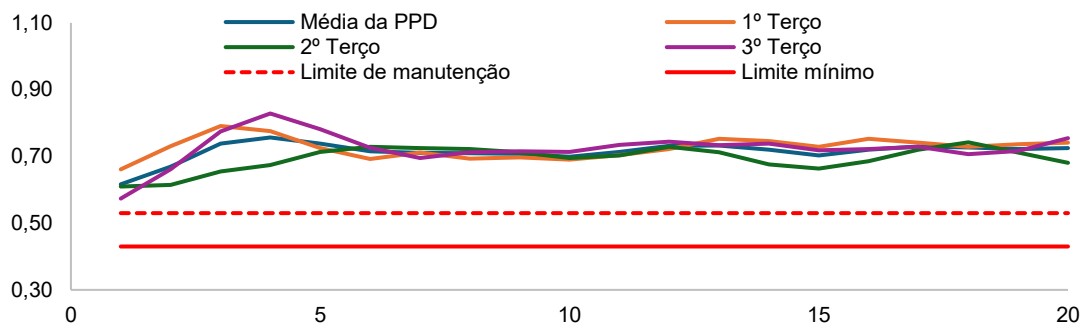
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD B

Modelo 1 – Alternativa B



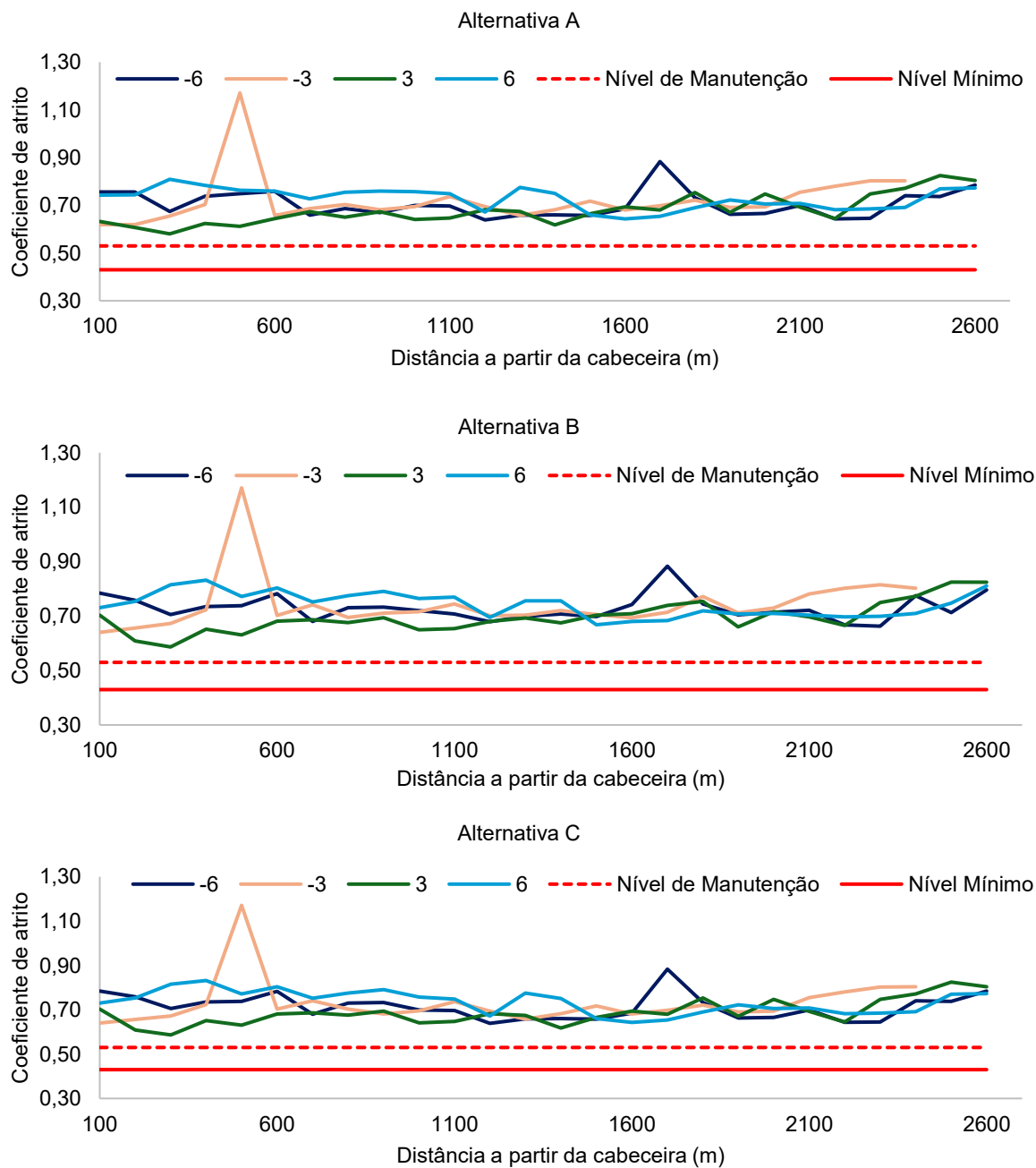
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD B

Modelo 1 – Alternativa C



Coeficiente de atrito ao longo da extensão da PPD B, por ponto de medição

Modelo 1



APÊNDICE K — COEFICIENTE DE ATRITO DA PPD C

Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD C

Modelo 1 – Alternativa A

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,63	0,14	0,38	0,52	0,61	0,74	0,92	21,77%
200	0,66	0,12	0,42	0,57	0,66	0,75	0,92	18,52%
300	0,64	0,13	0,41	0,54	0,63	0,74	0,93	20,15%
400	0,60	0,11	0,38	0,51	0,59	0,68	0,82	18,40%
500	0,60	0,10	0,39	0,51	0,60	0,68	0,79	16,95%
600	0,61	0,11	0,39	0,52	0,62	0,70	0,82	17,71%
700	0,62	0,09	0,40	0,56	0,62	0,69	0,81	14,87%
800	0,61	0,11	0,41	0,52	0,62	0,70	0,83	17,59%
900	0,59	0,10	0,42	0,50	0,58	0,68	0,76	16,94%
1000	0,55	0,07	0,40	0,50	0,55	0,61	0,75	13,03%
<hr/>								
1/3	0,14	0,38	0,53	0,66	0,77	0,93	20,93%	0,14
2/3	0,11	0,39	0,53	0,63	0,71	0,82	17,53%	0,11
3/3	0,10	0,40	0,52	0,59	0,67	0,83	16,97%	0,10
PPD	0,11	0,38	0,52	0,61	0,69	0,93	18,42%	0,11

Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD C

Modelo 1 – Alternativa B

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,65	0,12	0,38	0,57	0,64	0,73	0,92	17,83%
200	0,66	0,09	0,47	0,59	0,66	0,72	0,88	13,62%
300	0,66	0,11	0,42	0,58	0,65	0,74	0,94	17,38%
400	0,62	0,09	0,40	0,56	0,63	0,68	0,82	14,93%
500	0,62	0,09	0,39	0,55	0,62	0,68	0,79	14,39%
600	0,62	0,09	0,40	0,56	0,62	0,69	0,81	14,96%
700	0,63	0,09	0,42	0,56	0,63	0,69	0,80	14,21%
800	0,63	0,10	0,40	0,56	0,63	0,70	0,83	15,24%
900	0,60	0,09	0,41	0,53	0,61	0,67	0,76	15,18%
1000	0,57	0,07	0,42	0,52	0,57	0,62	0,72	11,52%
<hr/>								
1/3	0,65	0,12	0,38	0,56	0,65	0,73	0,94	17,73%
2/3	0,61	0,10	0,39	0,54	0,61	0,68	0,82	16,00%
3/3	0,60	0,09	0,40	0,53	0,60	0,67	0,83	15,79%
PPD	0,62	0,10	0,38	0,56	0,62	0,69	0,94	15,69%

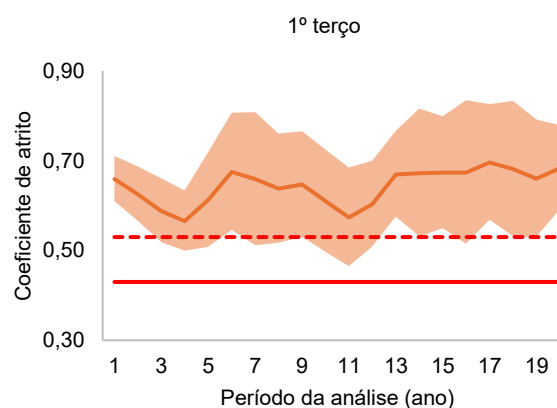
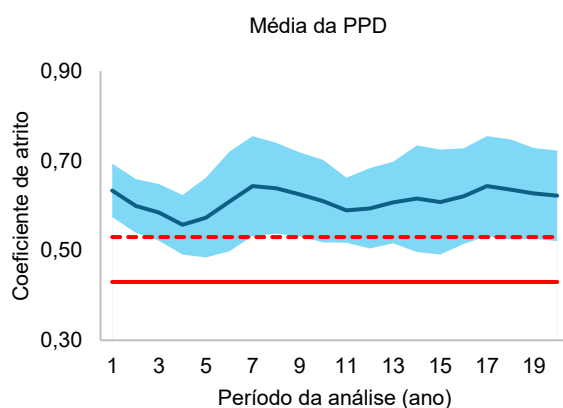
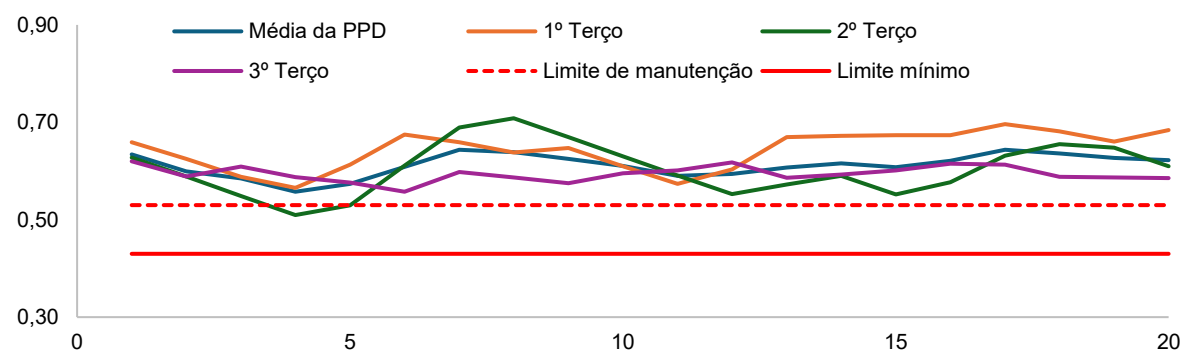
Análise exploratória do coeficiente de atrito previsto na extensão da PPD C

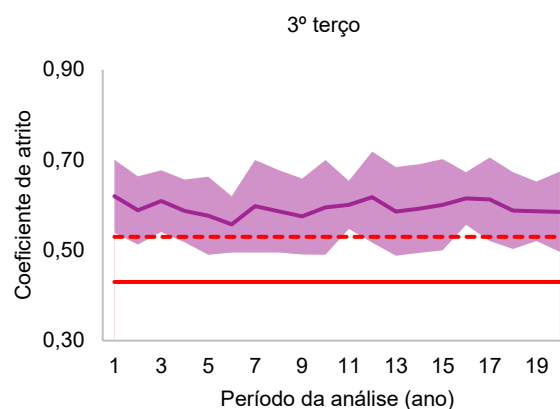
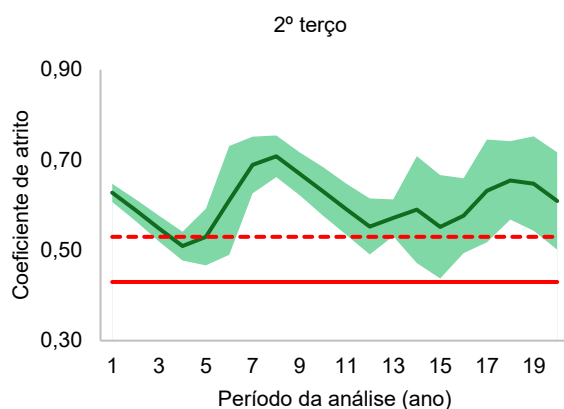
Modelo 1 – Alternativa C

Distância	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Coef. Variação
100	0,63	0,14	0,38	0,52	0,61	0,74	0,92	21,77%
200	0,66	0,12	0,42	0,57	0,66	0,75	0,92	18,52%
300	0,64	0,13	0,41	0,54	0,63	0,74	0,93	20,15%
400	0,60	0,11	0,38	0,51	0,59	0,68	0,82	18,40%
500	0,60	0,10	0,39	0,51	0,60	0,68	0,79	16,95%
600	0,61	0,11	0,39	0,52	0,62	0,70	0,82	17,71%
700	0,63	0,09	0,42	0,56	0,63	0,69	0,80	14,21%
800	0,63	0,10	0,40	0,56	0,63	0,70	0,83	15,24%
900	0,60	0,09	0,41	0,53	0,61	0,67	0,76	15,18%
1000	0,57	0,07	0,42	0,52	0,57	0,62	0,72	11,52%
<hr/>								
1/3	0,65	0,14	0,38	0,53	0,66	0,77	0,93	20,93%
2/3	0,62	0,11	0,39	0,53	0,63	0,71	0,82	17,53%
3/3	0,60	0,09	0,40	0,53	0,60	0,67	0,83	15,79%
PPD	0,62	0,11	0,38	0,53	0,61	0,69	0,93	17,77%

Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD C

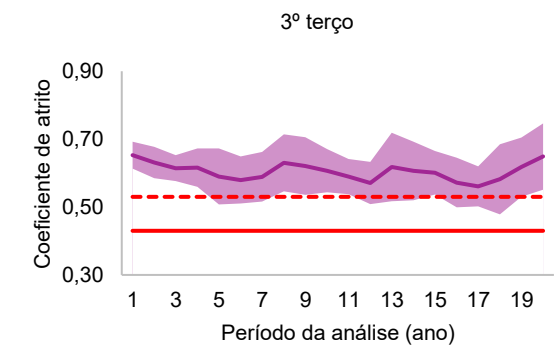
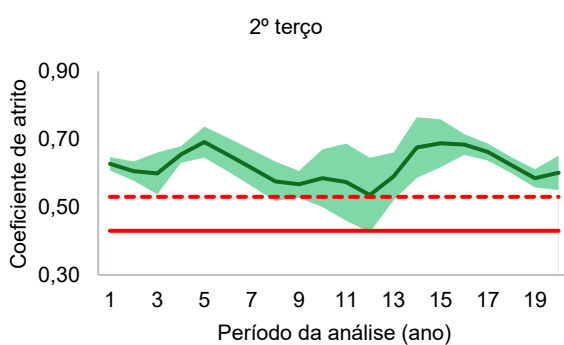
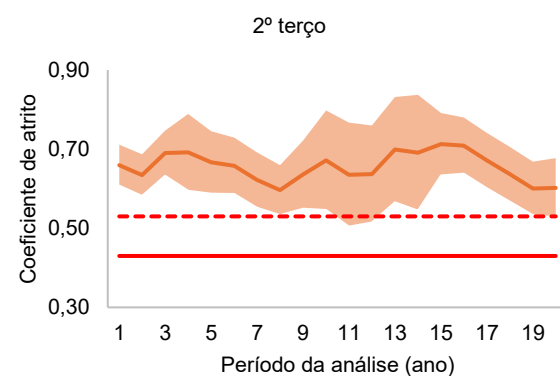
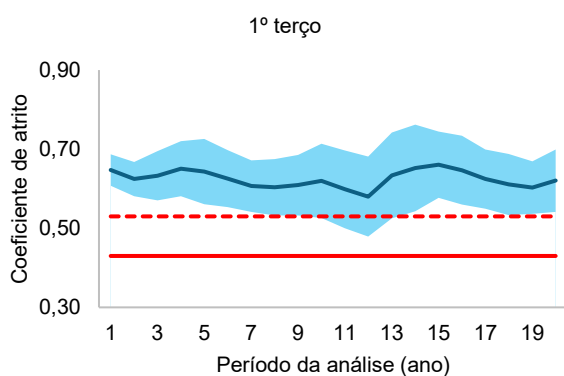
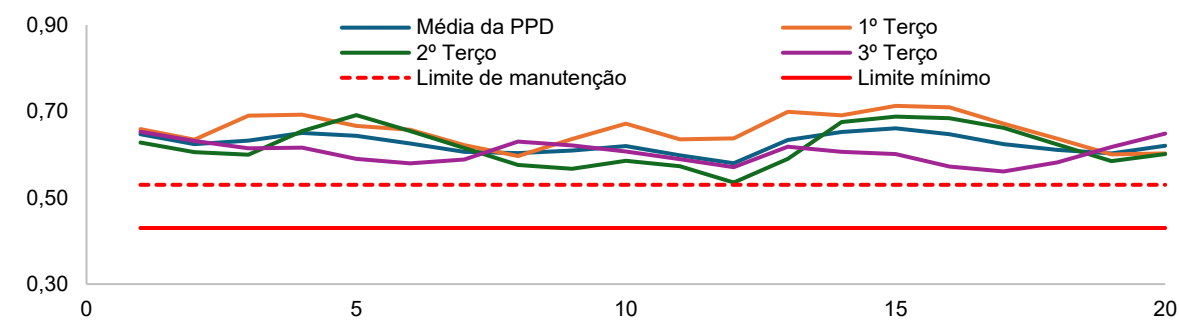
Modelo 1 – Alternativa A





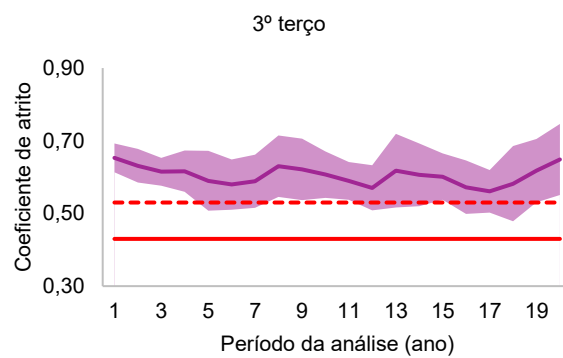
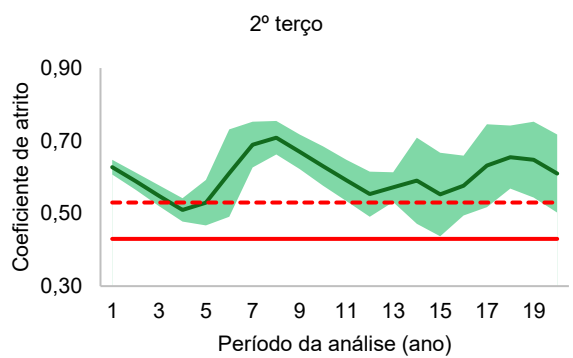
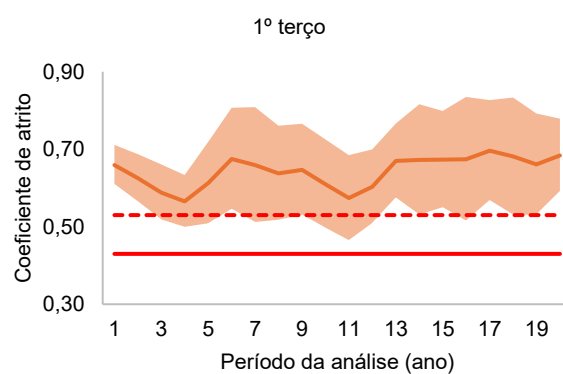
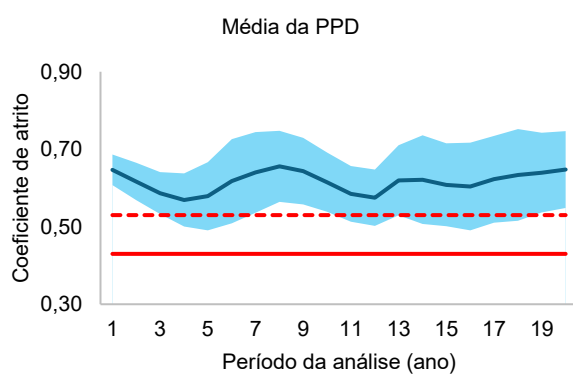
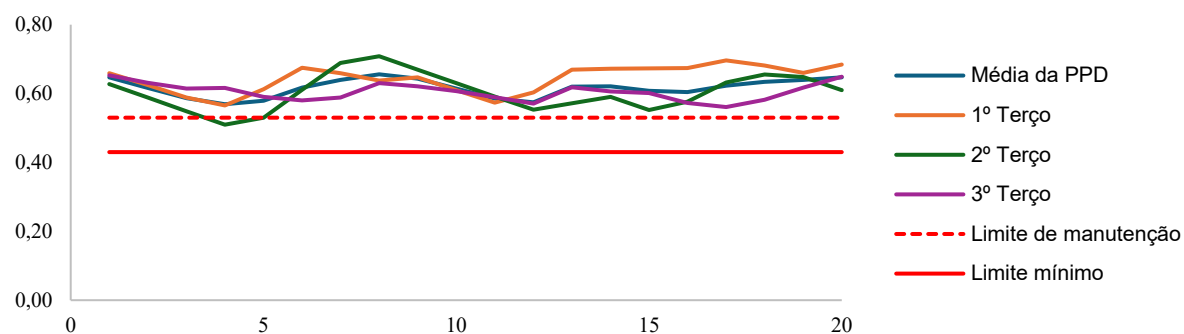
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD C

Modelo 1 – Alternativa B



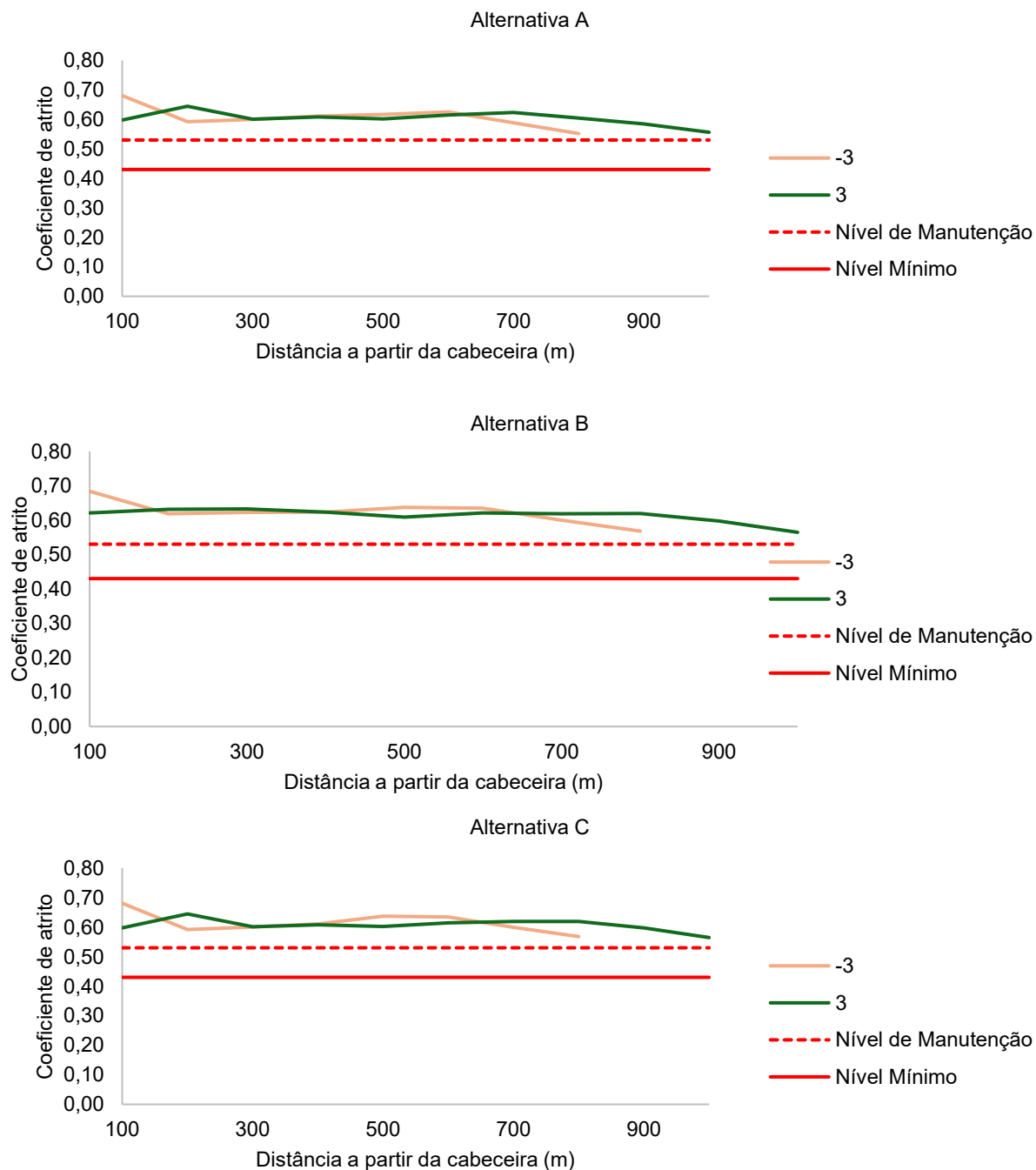
Coeficiente de atrito ao longo do ciclo de vida da PPD C

Modelo 1 – Alternativa C



Coeficiente de atrito ao longo da extensão da PPD C, por ponto de medição

Modelo 1



ANEXO A — COMPOSIÇÕES DE CUSTO DE M&R

PPD A

jan/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço com insumos (R\$)	Insumo asfáltico	Unidade	Coeficiente	Preço ANP/CE (jan/2024) (R\$)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,45	R\$ 40,45	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,39	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.468,23
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 5,65	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.395,16
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 200,99	R\$ 425,71	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.484,33
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 256,24	R\$ 256,24	-	-		R\$ -
abr/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço com insumos (R\$)	Insumo asfáltico	Unidade	Coeficiente	Preço ANP/CE (abr/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,48	R\$ 40,48	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,36	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.396,60
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,37	R\$ 5,51	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.281,88
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 197,13	R\$ 410,83	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.313,47
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 255,88	R\$ 255,88	-	-		R\$ -
jul/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço com insumos (R\$)	Insumo asfáltico	Unidade	Coeficiente	Preço ANP/CE (jul/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,76	R\$ 40,76	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,50	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.704,41
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,37	R\$ 5,87	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.585,86
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 199,62	R\$ 431,87	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.601,01
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 258,01	R\$ 258,01	-	-		R\$ -
out/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço com insumos (R\$)	Insumo asfáltico	Unidade	Coeficiente	Preço ANP/CE (out/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 41,14	R\$ 41,14	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,29	R\$ 1,56	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.823,88
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 6,22	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.867,22
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 199,54	R\$ 457,53	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 4.000,24
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 260,40	R\$ 260,40	-	-		R\$ -

Fonte: Brasil (2024a); Brasil (2025b)

PPD B

jan/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/PA (jan/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,50	R\$ 40,50	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,67	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 3.090,85
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 4,84	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 3.716,18
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 231,24	R\$ 484,79	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.931,38
CPU-02	Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC)	m²	R\$ 37,40	R\$ 37,40	-	-		R\$ -
abr/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/PA (abr/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,54	R\$ 40,54	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,80	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 3.383,06
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,37	R\$ 8,20	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 6.524,01
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 230,28	R\$ 478,62	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.850,63
CPU-02	Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC)	m²	R\$ 37,37	R\$ 37,37	-	-		R\$ -
jul/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/PA (jul/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,77	R\$ 40,77	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,90	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 3.595,93
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,37	R\$ 7,71	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 6.120,61
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 233,98	R\$ 483,56	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.869,84
CPU-02	Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC)	m²	R\$ 37,35	R\$ 37,35	-	-		R\$ -
out/24								
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/PA (out/2024)
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,91	R\$ 40,91	-	-		R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 2,01	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 3.855,34
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 6,37	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.992,17
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	R\$ 238,35	R\$ 494,25	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70	t	0,0645	R\$ 3.967,73
CPU-02	Execução de Ranhuras (GROOVING) em Pista de Pouso e Decolagem conforme IS 154.201-001A (ANAC)	m²	R\$ 37,37	R\$ 37,37	-	-		R\$ -

Fonte: Brasil (2024a); Brasil (2025b)

PPD C

jan/24									
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/RJ (jan/2024)	
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,80	R\$ 40,80	-	-	-	R\$ -	
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,29	R\$ 1,43	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.528,28	
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 5,11	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 3.939,33	
4011438	Pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III - camada porosa de atrito - areia e brita comerciais	t	R\$ 207,07	R\$ 428,40	Cimento asfáltico de petróleo com polímero - CAP 55/75-E	t	0,0486	R\$ 4.556,98	
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 258,26	R\$ 258,26	-	-	-	R\$ -	
abr/24									
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/RJ (abr/2024)	
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,55	R\$ 40,55	-	-	-	R\$ -	
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,35	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.375,47	
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,37	R\$ 5,16	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 3.992,00	
4011438	Pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III - camada porosa de atrito - areia e brita comerciais	t	R\$ 207,06	R\$ 410,08	Cimento asfáltico de petróleo com polímero - CAP 55/75-E	t	0,0486	R\$ 4.180,00	
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 255,26	R\$ 255,26	-	-	-	R\$ -	
jul/24									
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/RJ (jul/2024)	
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,86	R\$ 40,86	-	-	-	R\$ -	
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,38	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.435,22	
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 5,98	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 4.667,84	
4011438	Pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III - camada porosa de atrito - areia e brita comerciais	t	R\$ 211,17	R\$ 423,33	Cimento asfáltico de petróleo com polímero - CAP 55/75-E	t	0,0486	R\$ 4.368,16	
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 257,21	R\$ 257,21	-	-	-	R\$ -	
out/24									
Código	Serviço	Unidade	Preço unitário	Preço com insumos	Insumo asfáltico	Unidade	Coefficiente	Preço ANP/RJ (out/2024)	
4915660	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 8 cm	m³	R\$ 40,90	R\$ 40,90	-	-	-	R\$ -	
4011353	Pintura de ligação	m²	R\$ 0,28	R\$ 1,45	Emulsão asfáltica - RR-1C	t	0,0005	R\$ 2.598,96	
4011351	Imprimação com asfalto diluído	m²	R\$ 0,38	R\$ 6,51	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	t	0,0012	R\$ 5.108,21	
4011438	Pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III - camada porosa de atrito - areia e brita comerciais	t	R\$ 207,69	R\$ 469,96	Cimento asfáltico de petróleo com polímero - CAP 55/75-E	t	0,0486	R\$ 5.399,76	
CPU-01	Microfresagem (esp = 0,50 cm) para limpeza e correção de superfície	m³	R\$ 257,66	R\$ 257,66	-	-	-	R\$ -	

Fonte: Brasil (2024a); Brasil (2025b)

ANEXO B — ÍNDICE DE REAJUSTAMENTO DE PREÇOS



ÍNDICES DE REAJUSTAMENTO DE OBRAS RODOVIÁRIAS

Mês de Referência: dezembro de 2023.

DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES		01/23	02/23	03/23	04/23	05/23	06/23	07/23	08/23	09/23	10/23	11/23	12/23	VARIAÇÃO NO MÊS	ACUMULADO NO ANO	VARIAÇÃO NOS ÚLTIMOS 12 MESES
TERRAPLENAGEM	DEZ/2000=100	482,082	478,685	474,719	472,850	467,005	459,060	459,932	467,622	480,660	484,795	486,217	484,452	-0,363	0,392	0,392
OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	DEZ/2000=100	475,560	474,233	471,909	473,029	471,696	470,402	468,944	466,726	467,606	468,524	467,395	467,998	0,129	-1,728	-1,728
SERVIÇOS COM AÇO PARA OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	DEZ/2022=100	99,677	99,272	98,438	98,964	98,990	98,572	98,127	97,201	97,140	97,198	96,867	96,805	-0,064	-3,195	-3,195
OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (SEM AÇO)	DEZ/2000=100	467,534	467,289	467,746	466,481	462,757	462,605	462,265	463,755	466,650	468,655	468,332	470,417	0,445	0,783	0,783
PAVIMENTAÇÃO	DEZ/2000=100	542,515	543,705	547,672	548,765	546,562	544,113	545,735	549,539	555,551	557,543	559,396	559,696	0,054	3,626	3,626
CONSULTORIA (SUPERVISÃO E PROJETOS)	DEZ/2000=100	276,133	277,437	277,093	277,972	277,437	282,935	287,460	289,599	289,838	291,498	290,486	290,189	-0,102	6,034	6,034
DRENAGEM	DEZ/2000=100	448,996	449,899	451,976	451,496	450,732	452,897	454,027	455,057	457,035	458,980	459,138	460,612	0,321	3,051	3,051
SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	DEZ/2000=100	445,721	444,833	445,561	443,559	443,765	442,221	441,200	445,460	447,761	448,609	452,729	452,578	-0,033	2,214	2,214
PAVIMENTOS CONCRETO CIMENTO PORTLAND	DEZ/2000=100	413,111	414,467	415,126	412,675	406,407	408,415	408,541	410,944	414,659	415,699	415,016	418,323	0,797	1,760	1,760
CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA	DEZ/2000=100	409,307	409,568	410,981	411,186	411,241	413,002	414,977	417,771	420,689	423,349	424,661	426,331	0,393	5,041	5,041
LIGANTES BETUMINOSOS	DEZ/2000=100	902,890	891,083	868,611	863,498	859,584	856,433	854,938	862,977	883,089	895,096	912,509	906,315	-0,679	-3,504	-3,504
IGP - DI	AGO/1994=100	1143,861	1144,271	1140,357	1128,805	1102,506	1086,474	1082,105	1082,593	1087,419	1092,974	1098,480	1105,541	0,643	-3,296	-3,296
ÍNDICE NACIONAL DE CUSTO DA CONSTRUÇÃO	AGO/1994=100	1056,418	1056,896	1060,116	1061,635	1067,919	1075,540	1076,626	1078,412	1082,104	1084,242	1084,986	1088,312	0,307	3,488	3,488
VERGALHÕES E ARAMES DE AÇO CARBONO	AGO/1994=100	1432,789	1404,025	1371,780	1360,703	1373,147	1363,043	1351,728	1336,081	1323,058	1305,337	1299,430	1296,786	-0,204	-9,356	-9,356
PRODUTOS SIDERÚRGICOS	DEZ/2007=100	372,102	372,211	366,294	370,244	369,310	367,367	363,615	354,768	354,555	349,959	345,593	347,117	0,441	-6,060	-6,060
PRODUTOS DE AÇO GALVANIZADO	MAR/1999=100	502,150	503,236	496,578	495,013	495,757	493,839	485,170	480,993	475,112	475,760	475,559	475,097	-0,097	-5,346	-5,346
SINALIZAÇÃO VERTICAL	MAI/2005=100	262,803	264,129	263,489	263,333	262,761	262,397	262,524	262,879	262,822	262,463	262,533	262,481	-0,020	0,009	0,009
ASFALTO DILUÍDO	DEZ/2000=100	891,166	870,656	831,606	835,548	835,688	832,592	836,301	833,036	901,229	919,369	924,883	923,711	-0,127	-2,686	-2,686
CIMENTO ASFÁLTICO PETRÓLEO (CAP 7 e 20)	DEZ/2000=100	942,283	933,220	908,302	905,848	903,619	904,582	900,584	908,838	929,588	944,433	969,912	958,276	-1,200	-3,318	-3,318
EMULSÕES (RR1C E RR2C)	DEZ/2000=100	864,722	855,788	839,740	835,390	829,183	825,778	822,744	830,779	845,544	857,397	874,642	866,239	-0,961	-3,857	-3,857
ADMINISTRAÇÃO LOCAL	DEZ/2016=100	139,869	139,653	139,676	139,898	139,936	139,689	140,831	142,316	143,711	144,577	144,988	145,289	0,208	4,536	4,536
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	DEZ/2016=100	178,293	175,051	171,356	170,004	163,581	158,558	158,342	161,663	169,965	173,461	175,060	173,752	-0,747	-2,935	-2,935
OBRAS COMPLEMENTARES E MEIO AMBIENTE	DEZ/2016=100	161,466	160,897	159,692	159,239	157,764	156,412	156,481	157,602	160,079	160,721	160,540	160,259	-0,175	-0,651	-0,651
EMULSÃO ASFÁLTICA MODIFICADA	DEZ/2018=100	151,743	150,695	148,242	146,325	144,573	142,872	141,470	142,618	144,722	146,636	148,090	146,940	-0,776	-6,368	-6,368
ASFALTO MODIFICADO POR POLÍMERO	DEZ/2018=100	142,264	141,087	137,879	137,001	135,947	135,934	134,757	135,556	137,517	139,239	141,831	140,277	-1,096	-5,380	-5,380
EMULSÃO ASFÁLTICA DE IMPRIMAÇÃO	DEZ/2018=100	150,526	147,308	143,372	142,496	141,046	140,474	140,119	139,854	142,719	144,892	147,119	146,525	-0,404	-5,771	-5,771
ASFALTO BORRACHA	DEZ/2018=100	148,956	147,797	145,293	144,826	143,473	143,483	143,116	144,390	146,594	148,079	150,794	148,678	-1,403	-4,275	-4,275
SUPERESTRUTURA DE PASSARELAS METÁLICAS	JUL/2021=100	119,664	119,138	118,458	117,680	117,501	115,031	114,644	114,631	114,859	114,619	112,906	114,598	1,499	-4,091	-4,091

O reajustamento dos serviços deve ser realizado de acordo com a Instrução Normativa nº 01/2023, de 24 de janeiro de 2023, publicada no Boletim Administrativo do DNIT nº 18, em 25 de janeiro de 2023.

Fonte: Brasil (2024b)