

Alerta aos Operadores de Aeródromos

nº 001/2025

Aprovado por: Superintendente de Infraestrutura Aeroportuária

Data: 18/11/2025

Assunto: Orientações sobre a avaliação de pavimentos – especialmente rígidos – com fator de dano acumulado ou *Cumulative Damage Factor* (CDF) superior a 1 no FAARFIELD 2.0, e com vida residual (VR) nula ou negativa.

Contato: obras.sia@anac.gov.br

1. Objetivo

Este Alerta aos Operadores de Aeródromos visa apresentar uma metodologia para a reavaliação da capacidade de suporte e da vida útil de pavimentos rígidos que, embora apresentem uma condição funcional excelente (Índice de Condição do Pavimento - PCI > 70), são classificados como subdimensionados pelo *software* FAARFIELD 2.0 ou versão superior, da *Federal Aviation Administration* (FAA), dos Estados Unidos da América, com vida residual (VR) nula ou negativa.

O objetivo é conciliar a análise estrutural teórica do *software* com a condição funcional observada em campo, permitindo uma gestão mais realista e eficiente da infraestrutura aeroportuária.

A metodologia proposta busca harmonizar os resultados obtidos por meio da análise estrutural quantitativa com a avaliação qualitativa da condição do pavimento, promovendo decisões técnicas embasadas em critérios que reflitam a realidade operacional dos aeródromos brasileiros.

2. Contexto

Os Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC) nº 154 e nº 153 estabelecem, respectivamente, as condições de projeto e de operação para a infraestrutura aeroportuária, incluindo a compatibilidade entre a resistência do pavimento e as aeronaves que o utilizam.

Nesse sentido, o método ACR-PCR (*Aircraft Classification Rating - Pavement Classification Rating*) é o atual padrão para expressar a capacidade de carga de um pavimento, ao passo que o FAARFIELD 2.0 ou versão superior – doravante apenas FAARFIELD – é a ferramenta de *software* recomendada pela Anac para a avaliação de pavimentos aeroportuários, que faz uso da análise elástico-linear em camadas para pavimentos flexíveis e do método dos elementos finitos 3D para pavimentos rígidos, com a finalidade de se determinar o PCR.

Observa-se, no entanto, uma divergência recorrente nos resultados do FAARFIELD para algumas análises de pavimentos, especialmente os rígidos. Em muitos casos, o *software* indica um “fator de dano acumulado” ou *Cumulative Damage Factor* (CDF) muito superior a 1, o que sugere uma vida útil (VU) inferior a 20 anos ou até mesmo esgotada, com vida residual (VR) nula ou negativa, mesmo em pavimentos com boa ou excelente condição funcional (PCI > 70) e sem sinais de deterioração estrutural.

Essa discrepância se deve, em parte, ao conservadorismo do *software* e a parâmetros fixos que nem sempre refletem a realidade de todos os tipos de pavimento.

O FAARFIELD é, sabidamente, uma ferramenta conservadora e, no tocante a pavimentos rígidos, é voltado especificamente para placas de concreto não armadas. Adicionalmente, o *software* utiliza o Coeficiente de Poisson fixado em 0,35 para pavimentos flexíveis, valor que pode não representar adequadamente as características de todos os solos brasileiros. Para pavimentos rígidos, considera o Coeficiente de Poisson fixado em 0,15.

Da literatura técnica sobre o assunto, sabe-se que os valores típicos do Coeficiente de Poisson variam de material para material, conforme abaixo, podendo ou não ter impacto significativo na análise:

- Concreto de cimento Portland – (0,15 – 0,20);
- Concreto asfáltico (CBUQ) – (0,30 – 0,40);
- Base granular (BGS, BGTC e agregados não tratados) – (0,30 – 0,40); e
- Subleito (solo natural, areias, siltes, argilas) – (0,30 – 0,45).

Essa abordagem cautelosa do FAARFIELD, embora importante para a segurança, pode resultar em análises que não correspondem à realidade estrutural observada em campo, especialmente quando o pavimento apresenta desempenho funcional excelente.

Desse modo, pavimentos em concreto armado, embora não tão comuns em pistas, táxis e pátios brasileiros, bem como os pavimentos em estrutura de concreto

protendido – existentes no Brasil em algumas cabeceiras de pista e até mesmo em pista de pouso e decolagem – ficam órfãos da abordagem do FAARFIELD.

Em estruturas de concreto armado, cujo comportamento é intrinsecamente não-linear, a capacidade de resistir à tração na fibra inferior não é limitada pela baixa resistência à tração do concreto. Diferente de métodos específicos como o ACR/PCR, que podem impor limites à tensão de tração no concreto (como 2,75 MPa) para controlar a fissuração, o dimensionamento convencional assume que essa tensão é resistida pelo aço, que atinge valores muito superiores.

Sabe-se que essa tensão de tração é derivada principalmente do efeito de flexão que ocorre quando a placa é submetida a carregamentos verticais. Em placas de concreto simples, a tensão de trabalho deve ser mantida abaixo da resistência do concreto à tração (fct), a qual é minorada por um coeficiente de segurança para garantir que a ruptura nunca seja atingida.

Já em placas de concreto armado, o projeto assume que o concreto não resiste à tração. Portanto, é a armadura de aço a única responsável por absorver esses esforços, permitindo que a tensão no aço atinja valores muito elevados, enquanto a tensão no concreto tracionado é considerada nula após a fissuração.

3. Problemática atual

A problemática atual reside no fato de que o *software* FAARFIELD, por ser uma ferramenta conservadora, tende a apresentar resultados de CDF significativamente superiores a 1 para pavimentos rígidos, mesmo quando estes se encontram em excelente estado de conservação e sem patologias visíveis.

Isso leva a uma classificação de subdimensionamento que não condiz com a realidade observada em campo, gerando incertezas quanto à real capacidade de suporte, vida útil e vida residual (remanescente) do pavimento.

A ausência de uma metodologia padronizada para reavaliar esses pavimentos resulta em uma gestão potencialmente ineficiente, com possíveis restrições operacionais desnecessárias ou, no extremo oposto, a não identificação de uma necessidade real de intervenção. A análise puramente baseada no resultado do FAARFIELD, sem a devida consideração da condição funcional do pavimento, pode levar a decisões equivocadas e a uma alocação inadequada de recursos para manutenção e reabilitação da infraestrutura.

Destaca-se que pavimentos rígidos com PCI superior a 70 são classificados como em condição boa ou excelente, o que indica ausência de degradações significativas, ou seja:

- ausência de defeitos estruturais significativos;
- sem fissuração por fadiga avançada;
- sem perda de capacidade de suporte;

- juntas funcionando adequadamente; e
- transferência de carga preservada.

Nesses casos, a divergência entre a análise estrutural teórica e a condição funcional observada evidencia a necessidade de uma abordagem complementar que permita uma avaliação mais precisa da capacidade de suporte real do pavimento.

Nos casos de pavimentos flexíveis, a abordagem pode ser mais desafiadora, uma vez que pavimentos degradados estruturalmente – mas que eventualmente passaram por processo de recapeamento recente – podem levar a interpretação equivocada pelo fato do valor elevado do índice PCI, que nesse caso pode ser apenas temporário. Nesses casos, recomenda-se atentar para as seguintes características quando da aplicação dessa metodologia:

- Ausência de trincas por fadiga (tipo “couro de jacaré”);
- Afundamento em trilha de roda menor que 10 mm;
- Deflexões compatíveis com o que se espera em ensaios com FWD/HWD;
- Sem histórico de *overlay* recente (2 anos).

Portanto, ressalta-se a necessidade de o engenheiro responsável técnico avaliar a consistência da qualidade da superfície observada, levantando dados sobre obras e intervenções recentes, condição mais difícil no caso de pavimentos rígidos com PCI inferior a 70, já que restaurações de placas de concreto bastante comprometidas representam outro desafio.

Ainda, nos casos de pavimentos compostos, recomenda-se avaliar o comportamento primário do pavimento, ou seja, se é mais compatível com pavimento flexível ou com pavimento rígido. Nesses casos, outras patologias podem estar associadas e devem ser avaliadas com cautela.

4. Solução proposta

Para solucionar a divergência entre a análise estrutural do FAARFIELD e a condição funcional observada em campo, propõe-se a adoção de uma metodologia de reavaliação baseada no cálculo da vida útil (VU) do pavimento e da vida residual ou remanescente (VR). Esta abordagem permite ajustar o *Pavement Classification Rating* (PCR) para que ele reflita de forma mais precisa a capacidade de suporte real da infraestrutura.

A metodologia fundamenta-se em quatro conceitos principais, detalhados na tabela abaixo:

Conceito	Símbolo	Descrição
Vida de projeto	VP	Período, em anos, para o qual o pavimento foi dimensionado durante a fase de projeto, considerando o mix de aeronaves previsto e o número de operações esperadas. Corresponde ao valor padrão de 20 anos utilizado como referência inicial nos cálculos do FAARFIELD, podendo ser diferente, a depender dos critérios de projeto adotados. É um parâmetro fixo estabelecido na fase de dimensionamento estrutural.
Vida útil	VU	Período real, em anos, durante o qual o pavimento desempenha suas funções de forma satisfatória, atendendo aos requisitos de segurança operacional e conforto. A vida útil pode ser maior ou menor que a vida de projeto (VP), dependendo de fatores como qualidade da construção, manutenção realizada, tráfego efetivo e condições ambientais.
Vida residual ou remanescente	VR	Período remanescente, em anos, durante o qual o pavimento pode continuar operando de forma satisfatória antes de necessitar de intervenção estrutural significativa. Diminui continuamente ao longo do tempo conforme o dano acumulado aumenta.
<i>Cumulative Damage Factor</i> (fator de dano acumulado)	CDF	Fator adimensional de dano por fadiga obtido na simulação do FAARFIELD, que quantifica o dano estrutural acumulado no pavimento em relação à vida de projeto (VP). Valores de CDF superiores a 1 indicam que o dano acumulado excede teoricamente a capacidade prevista na vida de projeto. Valores muito superiores a 1 sugerem vida útil significativamente reduzida ou teoricamente esgotada.

A fórmula para o cálculo da vida útil é:

$$VU = VP / CDF$$

Onde:

- **VU** = Vida útil (em anos);
- **VP** = Vida de projeto (20 anos é o padrão do FAARFIELD);
- **CDF** = *Cumulative Damage Factor* ou “fator de dano acumulado” (obtido na simulação inicial do FAARFIELD).

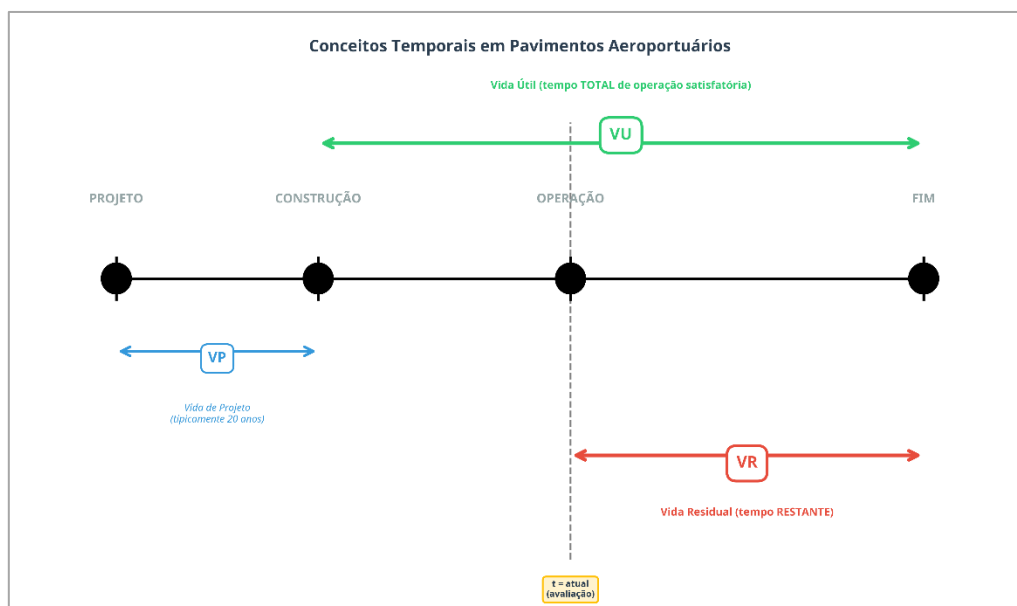
Ainda, para o cálculo da vida residual, tem-se:

$$VR = VU - \text{Tempo Decorrido}$$

Onde:

- **VR** = Vida residual (em anos);
- **VU** = Vida útil (em anos);
- **Tempo decorrido** = Período, em anos, transcorrido desde o início da operação do pavimento (abertura ao tráfego de aeronaves) até o momento atual (data da avaliação estrutural). Para determinação do tempo decorrido, algumas situações devem ser levadas em consideração, a saber:
 - Pavimentos em que se executou *overlay* estrutural significativo;
 - Pavimentos que sofreram reconstrução parcial; e
 - Pavimento com período de inatividade prolongado.

De forma ilustrativa, a relação entre essas variáveis pode ser expressa da seguinte forma:



Fonte: GTEA/GCOP/SIA/ANAC.

Isso exposto, a aplicação da metodologia se desdobra em dois cenários, a depender do valor da vida útil (VU) calculada:

Cenário 1: Vida útil ($1 \leq VU < 20$ anos)

Neste cenário, considera-se que o pavimento possui vida residual (VR) nula ou negativa. Para conhecer a VR, faz-se necessário conhecer o tempo decorrido desde o início da operação na infraestrutura objeto da análise.

Nesses casos, o procedimento a ser seguido é:

1. Recalcular o PCR no FAARFIELD, substituindo o valor da vida projeto (VP) padrão (20 anos) pelo valor da vida útil (VU) obtida. Caso o valor exato da VU não esteja disponível no *software*, deve-se arredondar para o valor mais próximo disponível.
2. Executar a nova simulação mantendo os parâmetros de estrutura e de *mix* de aeronaves originalmente utilizados.
3. O novo PCR calculado, ajustado pela VU, deverá ser o valor publicado, pois reflete a capacidade de suporte real do pavimento para as operações contínuas.

Este procedimento valida a premissa de que o pavimento possui capacidade de suporte adequada para o tráfego atual, **desde que a condição funcional (PCI > 70) seja mantida.**

Cenário 2: Vida útil esgotada ($VU < 1$ ano)

Quando a VU calculada for inferior a 1 ano, a vida útil estrutural do pavimento é considerada teoricamente esgotada e, por consequência, a vida residual, ou seja, o *mix* é incompatível com a infraestrutura existente. Neste caso, orienta-se o seguinte procedimento:

1. O PCR a ser publicado deve ser igual ao *Aircraft Classification Rating* (ACR) da aeronave mais exigente do *mix* operacional.
2. Deve-se utilizar o método técnico (T) para a determinação do PCR, indicando que a capacidade de suporte está limitada pela aeronave crítica, uma vez que, de fato, uma análise técnica foi realizada.
3. Esta situação, como já mencionado, indica que a vida útil estrutural foi teoricamente esgotada, resultando em capacidade de suporte limitada pela aeronave mais exigente do *mix* operacional.

Da mesma forma que o apontado no Cenário 1, **esse procedimento só deve ser utilizado nos casos de validação da condição funcional do pavimento rígido (PCI > 70).**

5. Responsabilidades do operador de aeródromo

O operador de aeródromo é responsável pela gestão adequada da infraestrutura disponível homologada pela ANAC. Nesse sentido, cabe ao operador aeródromo, nos termos do contido no item 153.203(b)(1), manter as condições funcionais e estruturais do pavimento originalmente homologadas.



Ainda, nos processos de avaliação da capacidade de suporte dos elementos estruturais pelo método ACR/PCR, o operador de aeródromo deve se atentar para as orientações contidas no Manual de Cálculo de PCR de Pavimentos Aeroportuários, disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/aeroportos-e-aerodromos/manuais-e-cartilhas/manual-de-calculo-de-pcr-de-pavimentos-aeroportuarios/@@download/file/Manual para o calculo de PCR de pavimentos FINAL.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/aeroportos-e-aerodromos/manuais-e-cartilhas/manual-de-calculo-de-pcr-de-pavimentos-aeroportuarios/@@download/file/Manual_para_o_calculo_de_PCR_de_pavimentos_FINAL.pdf).

6. Resumo detalhado

6.1 Tabela 1: Pré-requisito para aplicação

Elemento	Requisito	Detalhamento
<i>Software</i>	FAARFIELD 2.0 ou superior	Ferramenta recomendada para cálculo de PCR
CDF	> 1	Fator de dano acumulado superior a 1
PCI	> 70	Bom (71-85) ou Excelente (86-100)
Tipo de pavimento	Rígido (preferencial) ou Flexível	Ver observações específicas abaixo
Status	Em operação	Não se aplica a pavimentos novos (VR > 0)
Responsável	Operador de aeródromo	Conforme RBAC 153.203(b)(1)

6.2 Tabela 2: Observações por tipo de pavimento

Tipo	Aplicável	Observações importantes
Rígido	 Sim (especialmente)	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de defeitos estruturais significativos <ul style="list-style-type: none"> • Sem fissuração por fadiga avançada • Sem perda de capacidade de suporte • Juntas funcionando adequadamente • Transferência de carga preservada
Flexível	 Sim (com cautela)	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar histórico de intervenções recentes • <i>Overlay</i> estrutural significativo pode mascarar problemas • Reconstrução parcial requer análise específica • Períodos de inatividade prolongada devem ser considerados

6.3 Tabela 3: Cenários de aplicação e procedimentos

Cenário	Condição	Cálculo de VU	Procedimento	PCR publicado	Método
1	$1 \leq \text{VU} < 20$ anos	$\text{VU} = \text{VP} / \text{CDF}$	1. Recalcular PCR no FAARFIELD com $\text{VP} = \text{VU}$ 2. Manter parâmetros	PCR ajustado pela VU	T
2	$\text{VU} < 1$ ano	$\text{VU} = \text{VP} / \text{CDF}$	1. PCR = ACR da aeronave mais exigente 2. Usar método técnico (T) 3. Documentar vida útil esgotada e avaliar reforço estrutural	PCR = ACR crítica	T

6.4 Tabela 4: Cálculo da vida residual (VR)

Variável	Fórmula	Descrição
VU	$VU = VP / CDF$	Vida útil (anos)
VR	$VR = VU - TD$	Vida residual (anos)
TD	$TD = \text{Ano atual} - \text{Ano abertura}$	Tempo decorrido (anos)

Observações sobre TD:

- Contar desde abertura ao tráfego;
- Descontar períodos de inatividade superior a 1 ano, se existente; e
- Recalcular desde reabilitação estrutural significativa.

6.5 Tabela 5: Situações em que NÃO se aplica

Situação	Motivo	Procedimento alternativo
$PCI \leq 70$	Condição funcional inadequada	Seguir análise estrutural do FAARFIELD; considerar restrições operacionais ou reabilitação/reconstrução
$CDF \leq 1$	Pavimento não subdimensionado	Usar PCR padrão calculado pelo FAARFIELD
Pavimento novo (sem operações)	VR positiva	Usar PCR do projeto original
Overlay recente (< 2 anos) em flexível	Pode mascarar problemas estruturais	Aguardar estabilização ou realizar ensaios complementares (FWD/HWD)

7. Recomendações

Recomenda-se que os operadores de aeródromos adotem a metodologia de reavaliação detalhada na seção "Solução Proposta" deste Alerta sempre que as análises de cálculo de PCR de pavimentos, especialmente os rígidos, resultarem em valores de *Cumulative Damage Factor* (CDF) superiores a 1.

A aplicação desta metodologia é crucial nos casos em que o CDF é significativamente maior que 1, indicando vida útil teórica inferior a 20 anos ou já esgotada, com vida residual (VR) nula ou negativa, mas a condição funcional do pavimento ($PCI > 70$) se mantém boa ou excelente.

A implementação desta abordagem visa garantir que a capacidade de suporte publicada (PCR) reflita a realidade estrutural do pavimento, promovendo a segurança operacional e otimizando a gestão da infraestrutura aeroportuária. A conciliação entre a análise teórica e a condição funcional observada é fundamental para evitar restrições operacionais desnecessárias e para direcionar os recursos de manutenção de forma mais eficiente.

Destaca-se que a metodologia proposta é estritamente condicionada à manutenção da boa ou excelente condição funcional do pavimento ($PCI > 70$). A ausência de degradação significativa é premissa fundamental para a aplicação desta reavaliação. Caso o PCI seja inferior a 70, a análise estrutural do FAARFIELD deve prevalecer, e medidas de restrição operacional de aeronaves ou até mesmo de reabilitação ou de reconstrução devem ser consideradas.

Nos casos em que o operador de aeródromo se depare com a situação tratada neste Alerta, recomenda-se que, juntamente com o relatório de cálculo do PCR, seja encaminhada a avaliação funcional mais recente dos elementos estruturais analisados (índice de serventia), preferencialmente o PCI, conforme prática adotada pela ANAC.

Ainda, nos casos em que o índice de serventia (PCI) do aeroporto resultar em valores inferiores a 70, e conforme contido no Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA, disponível aqui: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/aeroportos-e-aerodromos/manuais-e-cartilhas/manual-para-sgpa-v3.pdf>, o operador de aeródromo deve se atentar para as intervenções necessárias – reabilitação ou reconstrução – podendo a ANAC limitar a publicação do PCR da infraestrutura avaliada ao resultado advindo do *software* FAARFIELD.

A metodologia recomendada nesse Alerta não é aplicável a pavimentos novos ainda não homologados, tendo em vista que, nesses casos, a vida residual ou remanescente (VR) é positiva.

8. Contato

Dúvidas sobre situações específicas relacionadas a este Alerta podem ser endereçadas ao e-mail obras.sia@anac.gov.br, incluindo no assunto: "Alerta nº 001/2025".

**Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária
SIA/ANAC**

ANEXO – EXEMPLOS

- **Exemplo 1: Cenário 1 ($1 \leq VU < 20$ anos)**
 - **Dados:**
 - Pista 09/27, Aeroporto ABC
 - Pavimento rígido, PCI = 87 (excelente)
 - Construção: 2010, Abertura: 2011
 - Avaliação: 2025
 - VP = 20 anos (padrão FAARFIELD)
 - CDF inicial = 3,2 (simulação FAARFIELD)
 - **Cálculos:**
 1. $VU = VP / CDF = 20 / 3,2 = 6,25$ anos
 2. Tempo Decorrido = 2025 - 2011 = 14 anos
 3. $VR = VU - TD = 6,25 - 14 = -7,75$ anos (negativa!)
 - **Conclusão:**
 - VR negativa, mas PCI = 87 (excelente)
 - **Procedimento:**
 1. Recalcular PCR no FAARFIELD com VP = 6 anos (arredondado)
 2. Manter *mix* de aeronaves e estrutura
 3. Novo PCR = 510 (exemplo)
 4. Publicar PCR = 510/R/A/W/T (exemplo)
 - **Interpretação:**
 - Pavimento tem capacidade para PCR = 510
 - Monitorar PCI conforme frequência ANAC
 - Avaliar a necessidade de reforço estrutural

- **Exemplo 2: Cenário 2 (VU < 1 ano)**
 - Dados:
 - Pátio de aeronaves, Aeroporto XYZ
 - Pavimento rígido, PCI = 78 (bom)
 - Construção: 2020, Abertura: 2023
 - Avaliação: 2025
 - VP = 20 anos
 - CDF inicial = 25
 - Aeronave crítica: B777-300ER (ACR = 790)
 - Cálculos:
 1. $VU = VP / CDF = 20 / 25 = 0,8$ anos (< 1 ano)
 2. Tempo Decorrido = 2025 - 2023 = 2 anos
 3. $VR = VU - TD = 0,8 - 2 = - 1,2$ anos (negativa!)
 - Conclusão:
 - VU teoricamente esgotada, mas PCI = 78 (bom)
 - Procedimento:
 1. PCR = ACR da aeronave crítica = 790
 2. Método: Técnico (T)
 3. Publicar: PCR = 790/R/A/W/T (exemplo)
 - Ações recomendadas:
 - Monitorar PCI conforme frequência ANAC
 - Avaliar a necessidade de reforço estrutural
 - Avaliar redistribuição de tráfego