

Anexo 22 — Grandeza de Ressonância Estável entre Toroide e Esfera

Objetivo

Este anexo formaliza a definição de uma **grandeza emergente de coerência vibracional** entre os domínios topológicos **toroidal** e **esférico** na estrutura $ERIE$. Tal grandeza mede o grau de ressonância estável, ou instabilidade potencial, gerado pela interação entre frequências angulares desses dois domínios. A equação é derivada do conceito de **compatibilidade angular e fase vetorial projetada**, com aplicação direta à representação dos números primos como trajetórias densas e incoerentes sobre o toroide.

1. Fundamentos Geométricos e Topológicos

1.1. Domínio Esférico (α)

- Representado por $S^1 \subset \mathbb{R}^2$: círculo perfeito, coerente, unidimensional;
- Frequência angular f_α : frequência de rotação regular, fechada;
- Base de projeção da coerência rotacional total.

1.2. Domínio Toroidal ($*\infty$)

- Representado por $S^1 \times S^1$: produto de duas curvaturas fechadas;
- Frequência de trajetória toroidal f_T : combinações angulares possivelmente irracionais;
- Permite caminhos densos, não fechados — base para a definição vetorial dos primos.

2. Definição da Grandeza de Ressonância Estável

Seja f_T a frequência toroidal associada a um número primo p , e f_α a frequência angular circular de base, a **grandeza ressonante** \mathcal{E}_p é definida como:

$$\mathcal{E}_p = A_p \cdot \cos(2\pi \cdot \delta_p)$$

Onde:

$$\delta_p = \frac{p}{f_\alpha} - \left\lfloor \frac{p}{f_\alpha} \right\rfloor$$

- A_p é a amplitude ressonante associada ao primo p ;
- $\delta_p \in [-0.5, 0.5]$ mede o **desvio angular da coerência perfeita**;
- \mathcal{E}_p expressa a **quantidade de energia vetorial transferida de forma coerente** entre toroide e esfera.

3. Equações Limite — Estabilidade e Instabilidade

3.1. Limite de Máxima Coerência (Tendência ao Infinito)

Assumindo que a energia de coerência se acumula quando a fase é totalmente alinhada, temos:

$$\lim_{\delta_p \rightarrow 0} \mathcal{E}_p = \frac{1}{|\sin(\pi \cdot \delta_p)|} \rightarrow \infty$$

- Quando $\delta_p \rightarrow 0$, a razão $\frac{p}{f_\alpha} \in \mathbb{Q}$, e há **ressonância perfeita**;
- Esta condição implica **instabilidade por superposição coerente contínua**;
- Trata-se de um ponto crítico de colapso energético por ressonância não drenada.

3.2. Limite de Mínima Coerência (Tendência a Zero)

A energia ressonante tende ao mínimo quando as fases são completamente defasadas (interferência destrutiva):

$$\lim_{\delta_p \rightarrow \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \dots} \mathcal{E}_p = 0$$

- Ocorre nos nós de cancelamento angular;
- A transferência energética entre toroide e esfera é nula;
- Isso representa uma **quebra de acoplamento ressonante**.

3.3. Potência Vibracional Coerente

A grandeza ressonante \mathcal{E}_p pode ser associada a uma potência vibracional proporcional à coerência angular. Definimos:

$$P = A^2 \cdot f_\alpha^2 \cdot \cos^2(\Delta\phi)$$

Onde:

- A é a amplitude da oscilação ressonante;
- f_α é a frequência angular da esfera;
- $\Delta\phi$ é o desvio de fase entre toroide e esfera.

Quanto maior a coerência angular entre os domínios, maior a potência transmitida sem perdas. O termo $\cos^2(\Delta\phi)$ mede a eficiência energética da transferência ressonante.

4. Interpretação Física e Ontológica

- **Primos** são vetores que projetam trajetórias **incoerentes sobre o toroide**, densas e aperiodicamente distribuídas;
- A esfera impõe **limites de coerência** com base em frequências fechadas e simétricas;
- A grandeza \mathcal{E}_p mede a **estabilidade vibracional** que emerge da tentativa de acoplamento entre esses dois domínios.

4.1. Critério de Racionalidade como Estabilidade

A estabilidade entre toroide e esfera ocorre sempre que a razão de frequências for **racional**:

$$\frac{f_T}{f_\alpha} \in \mathbb{Q}$$

Neste caso, o sistema entra em **órbita ressonante fechada**, com máxima coerência angular. Já quando:

$$\frac{f_T}{f_\alpha} \notin \mathbb{Q}$$

A trajetória é densa e não periódica, resultando em **instabilidade vibracional** e dispersão energética. Isso reforça a visão dos primos como vetores de frequência que introduzem **desvios irracionais no acoplamento**, dificultando o alinhamento com os modos fechados da esfera.

5. Aplicações e Extensões

Esta equação pode ser usada para:

- Classificar primos segundo sua interferência ressonante com uma esfera base;
- Determinar pontos de instabilidade ou reforço de coerência em sistemas quânticos rotacionais;
- Modelar padrões de emissão energética ou transição de fase em contextos físicos e computacionais coerentes.

Além disso, a função pode ser reescrita em uma forma algébrica direta como:

$$E_p = A_p \cdot \cos \left(2\pi \cdot (p \cdot f_\alpha - \lfloor p \cdot f_\alpha \rfloor) \right)$$

Esta expressão mede diretamente o impacto do número primo p sobre a estabilidade da esfera, e evidencia o papel dos primos como distorções angulares no acoplamento coerente entre domínios.

6. Considerações Finais

A definição da grandeza \mathcal{E}_p permite expressar, com precisão algébrico-geométrica, o ponto de equilíbrio ou ruptura entre dois dos principais domínios rotacionais da estrutura $ER\aleph\exists$. Ela constitui uma ponte entre a teoria dos primos, a geometria ressonante e a física emergente da coerência.

Esta grandeza será utilizada futuramente para:

- Simulações dinâmicas entre domínios α e $\ast\infty$;
- Análises de estabilidade em projeções vetoriais computacionais;
- Formalização de transições quânticas coerentes.

7. Observações Complementares

A grandeza \mathcal{E}_p descrita neste anexo foi testada indiretamente contra padrões extraídos do espectro CMB real. Os modos $f = p/q$ que satisfazem $\delta \rightarrow 0$ — ou seja, **quase em coerência com a base esférica** — são justamente os de maior potência espectral observada.

Isso confirma a utilidade de \mathcal{E}_p como **medida ressonante entre domínios rotacionais**. A futura formalização da Gênese matemática poderá derivar \mathcal{E}_p diretamente da topologia $ER\aleph\exists$, mas sua aplicação já é viável em análises espectrais.